

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
EKONOMICKÁ FAKULTA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
EKONOMICKÁ FAKULTA

KATEDRA INFORMATIKY

Návrh na zlepšení podnikového procesu pomocí Witness
Improvement Proposal for a Business Process Using the Witness

Student: Thanh Son Nguyen

Vedoucí Bakalářské práce: Ing. Jan Ministr, Ph.D.

Ostrava 2013

Zadání bakalářské práce

Student:

Thanh Son Nguyen

Studijní program:

B6209 Systémové inženýrství a informatika

Studijní obor:

6209R001 Aplikovaná informatika

Téma:

Návrh na zlepšení podnikového procesu pomocí Witness
Improvement Proposal for a Business Process Using the Witness

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Teoretická východiska a nástroje zlepšování podnikových procesů
3. Analýza stávajícího stavu průběhu podnikových procesů
4. Návrh modelu vybraného procesu a jeho simulace
5. Hodnocení výstupu simulace
6. Závěr

Seznam použité literatury

Seznam zkratk

Prohlášení o využití výsledků bakalářské práce

Seznam příloh

Přílohy

Seznam doporučené odborné literatury:

AL-AMOAIR, R., O. ULGEN a E. WILIAMS. *Process Simulation Using WITNESS: Including Lean and Six-Sigma Applications*. New Jersey: Wiley-Interscience, 2010. 480 s. ISBN 978-0470371695.

FIALA, Josef a Jan MINISTR. *Průvodce analýzou a modelováním procesů*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2003. 109 s. ISBN 80-248-0500-6.

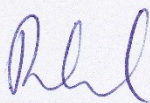
MASAAKI, Imai. *Kaizen – Metoda jak zavést úspěšnější a flexibilnější výrobu v podniku*. Brno: Computer Press, 2007. 272 s. ISBN 978-80-251-1621-0.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

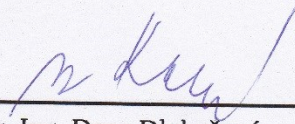
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Ministr, Ph.D.**

Datum zadání: 23.11.2012

Datum odevzdání: 10.05.2013



Ing. Petr Rozehnal, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Dr. Ing. Dana Dluhošová
děkanka fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Návrh na zlepšení podnikového procesu pomoci Witness* vypracoval samostatně pod vedením Ing. Ministr Jan, Ph.D. a v seznamu literatury uvedl všechny použité literární zdroje.

V Ostravě dne 10. května 2013



.....
Vlastní podpis autora

Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval Ing. Janu Ministrovi, Ph.D. za odborné vedení a pomoc, kterými přispěl k vypracování této bakalářské práce.

OBSAH

1	ÚVOD	5
2	TEORETICKÁ VÝCHODISKA A NÁSTROJE ZLEPŠOVÁNÍ PODNIKOVÝCH PROCESŮ.....	6
2.1	<i>Teoretická východiska metody KAIZEN.....</i>	6
2.1.1	<i>Charakteristika filozofie Kaizen.....</i>	6
2.1.2	<i>Vznik a vývoj metody Kaizen.....</i>	7
2.1.2.1	<i>Rozkvět filozofie KAIZEN v Japonsku.....</i>	8
2.1.3	<i>Základní koncepce filozofie KAIZEN</i>	9
2.1.3.1	<i>KAIZEN a management.....</i>	10
2.1.3.2	<i>Proces a výsledek.....</i>	11
2.1.3.3	<i>Kontrola kvality.....</i>	11
a)	<i>Kroužky kontroly kvality</i>	12
b)	<i>Demingovo kolo (cyklus PDCA)</i>	13
2.1.4	<i>Systémy KAIZEN.....</i>	16
2.1.4.1	<i>Absolutní kontrola / řízení kvality.....</i>	16
2.1.4.2	<i>Systém zlepšovacích návrhů.....</i>	16
2.1.4.3	<i>Výrobní systém „právě včas“</i>	17
2.1.4.4	<i>Metoda 5S.....</i>	17
2.1.4.5	<i>Metoda 3 „MU“ a 7 typu „MUDY“</i>	19
2.1.5	<i>Kaizen versus inovace.....</i>	21
2.1.5.1	<i>Inovace</i>	21
2.1.5.2	<i>Srovnání kaizen versus inovace.....</i>	22
2.2	<i>Six Sigma a Lean Six Sigma</i>	23
2.2.1	<i>Six Sigma.....</i>	23
2.2.2	<i>Lean Six Sigma.....</i>	25
2.3	<i>Simulace a nástroje zlepšování podnikových procesů</i>	26
2.3.1	<i>Podnikové procesy</i>	26
2.3.2	<i>Pojmy „systém“, „model“ a „modelování“</i>	27
2.3.2.1	<i>Systém.....</i>	27
2.3.2.2	<i>Model</i>	28
2.3.2.3	<i>Modelování.....</i>	28
2.3.3	<i>Modelování variability procesu</i>	28
a)	<i>Generování náhodných čísel.....</i>	29

b) <i>Testování náhodných čísel</i>	29
c) <i>Metoda generování náhodných veličin</i>	30
2.3.4 <i>Simulace</i>	34
2.3.4.1 <i>Simulační projekty</i>	36
2.3.5 <i>Simulační programy</i>	39
3 ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO STAVU PRŮBĚHU PODNIKOVÝCH PROCESŮ	42
3.1 <i>Charakteristika podniku</i>	42
3.2 <i>Současná situace podniku</i>	43
a. <i>zákazníci</i>	43
b. <i>SWOT analýza</i>	43
4 NÁVRH MODELU VYBRANÉHO PROCESU A JEHO SIMULACE	44
4.1 <i>Proces výroby</i>	45
4.2 <i>Konceptuální model a tvorbu simulačního modelu</i>	46
5 HODNOCENÍ VÝSTUPU SIMULACE	58
6 ZÁVĚR	61
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ:	62
SEZNAM ZKRATEK:	65
SEZNAM OBRÁZKŮ	67
SEZNAM TABULEK	67
SEZNAM GRAFŮ	68
SEZNAM PŘÍLOH	68

1 ÚVOD

Vzhledem k současné situaci, jak jsou konkurenti silní, a neustále zvyšující se požadavky zákazníků nutí firmy stále inovovat, zlepšovat, zkrátka najít způsob jak předhánět konkurenci. A proto rozhodovat se o neustálém směřování vývoje výrobního procesu je dnes u firem na denním pořádku.

Budoucnost předpovědět lze jen ve vlastním fantazií. Aby vedení firmy mohlo správně rozhodovat, musí předem vědět, zda změny vedou ke zlepšení, jinak řečeno, jak se rozhodnutí projeví v budoucnu.

Moderní technika umožňuje stále přesněji předpovídat budoucí vývoj daných skutečností na základě současných poznatků. Simulace je jedním z velmi užitečných nástrojů, který je určen k tomuto problému. Ale předtím, než se pustíme do moderního simulačního software, podnik musí stavět na pevném základu, což znamená najít správnou metodologii, kterou najdeme postup, jak odstranit nedostatky ve firmě.

Moderní software zaměřený na simulaci, lze považovat za jakási okna k nahlédnutí do budoucnosti. Nejdůležitějším prvkem k úspěšné simulaci není samotný program ani šikovní specialisté, jsou to informace neboli data, která do modelu vkládáme. V dnešní době je velmi důležité získat správné informace, protože ty získané ve správný čas jsou hlavním klíčem k úspěchu.

Konkurenceschopnost je vlastnost, kterou potřebuje každý podnik ve všech odvětvích, aby mohl ustát ve velmi tvrdé konkurenci v dnešní době.

Ve své práci budu sledovat zatíženost pracovníků v procesu dané nepojmenované restaurace „N“. Následně provedu optimalizaci daného modelu. Také chci dokázat, že simulace je vhodný prostředek, který pomáhá manažerům správně rozhodnout, jak provést další krok do budoucna.

2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA A NÁSTROJE ZLEPŠOVÁNÍ PODNIKOVÝCH PROCESŮ

2.1 Teoretická východiska metody KAIZEN

2.1.1 Charakteristika filozofie Kaizen

V japonštině znamená KAIZEN neustálé zdokonalování.



Obrázek č. 2.1: KAIZEN v Japonštině. [22]

Přitom slovo „kai“ znamená změna a „zen“ zase dobrý nebo lepší. Takže stručně přeloženo kazien = změna k lepšímu, dokonalejšímu, což se týká všeho – v podniku například nejen vrcholného nebo středního managementu, ale dokonce i zaměstnanců. „Nic není dokonalý“ – toto je ústřední heslo kaizen ať už v pracovním či osobním životě. Obojí by mě být zaměřen na neustálém zdokonalování. S mírnou nadsázkou se dá říct, že tato filozofie se velkým dílem zasloužila o japonský ekonomický úspěch.[2]

V podnikání se jedná o princip zdravého rozumu a orientaci na nízké náklady, obojí pak přináší i nízká rizika. Mnoho Japonců se tímto principem řídí, aniž by si uvědomili, že je to naprosto přirozené a samozřejmé. Zdokonalování probíhá postupně, krok za krokem v „malých krůčcích“, to umožňuje manažerům kdykoliv se vrátit k původnímu způsobu organizace práce, aniž by došlo k vynaložení vysokých nákladů v případě omylu.

Základem kaizen jsou lidé a jejich schopnost sebepoznání, umění aplikovat získané informace do praxe a využít osvojené znalosti. Dalším jejím základem je týmová spolupráce, přiměřený systém řízení podniku a přebírání znalostí druhých.

Taky se dá říct, že kaizen je založen na těchto slovech: [4]

- **Zlepšování** – i zdánlivě dokonalé se dá vylepšovat – jak kvalita nebo plnění termínů, tak i náklady či produktivita.
- **Neustále** – nic není stabilní, neměnné, vše se mění a neustále vyvíjí, ať se jedná o trhy, zákazníky a jejich požadavky nebo o výrobky.

Při uplatňování tohoto principu nemůže management svou zodpovědnost přenášet na nepřipravené pracovní skupiny ve výrobě, také to nejsou občasné, náhodné schůzky, které by měl za úkol najít řešení pro akutní problémy podniku v oblasti kvality výrobků, jejich seřizování nebo v oblasti nákladů. Je to propracovaný systém organizace práce, který se rozšířil prakticky do všech vyspělých světových společností.

„Všechny změny, dokonce i ty pozitivní, vedou k obavám. Pokusy dosáhnout cíle radikálními nebo revolučními prostředky často selhávají, protože zvyšují strach. Ale malé postupné kroky KAIZEN snižují odpověď mozku na strach, stimulují racionální myšlení a kreativitu hru“ (Maurer, 2005)

Filozofie kaizen se jeví jako směr, který může ovlivnit celkový ekonomický vývoj firmy k lepšímu pomocí zlepšení její kultury. Do výrobního procesu zapojí jak zaměstnance, dělníky, tak manažery na střední či vrcholné úrovni, zpříjemní atmosféru při pracovnímu postupu. Velký důraz přitom klade vždy na lidi, na jejich přístup k životu vůbec i jich samotných k sobě. [1]

Nenápadně a nedramatický, to je postup této filozofie a proto při jejím uplatňování nejsou výsledky často okamžitě viditelné. Svým způsobem můžeme tento fakt přirovnat ke známé bajce o závodě mezi zajícem a želvou, kdy zdánlivě pomalejší z dvojice – želva – dosáhne pomocí svého nedramatického, ale kontinuálního a uceleného postupu cíle jako první.

2.1.2 Vznik a vývoj metody Kaizen

Přestože o slávu kaizen se především zasloužilo ostrovní Japonsko, které je po právu považována za jeho pomyslnou kolébkou, za rozvojem této filozofie však stojí jiné světové velmoc – Spojené státy americké.

Samotný vznik a rozvoj metody v USA je spojován s druhou světovou válkou, přesněji s rokem 1940, kdy si Američané uvědomili, že se ocitli v závažné situaci, protože jejich podniky nebyly připraveny na válečnou výrobu, kterou budou v blízké budoucnosti potřebovat. Bylo nutno urychleně zvýšit kvantitu výroby ve zbrojním průmyslu a zlepšit její kvalitu. Proto přišla Americká vláda s plánem, který rozhodl a zřízení kurzů pro management, tzv. TWI (Training Within Industries – Školení v průmyslu). [6]

Tréninkové kurzy TWI byly nabízeny korporacemi po celé Americe a byly to právě tyto kurzy, které se staly základem filozofie kaizen. Místo velkých změn, které si Američané v této době nemohli dovolit a jejichž výsledky by nebyly efektivní, TWI přinášelo do podniků, jak dosáhnout postupného zlepšování a zdokonalování dosavadních činností. Tato školení položila první kameny nové filozofie, v jejímž rámci šlo o spolupráci všech zaměstnanců. Zdůrazňovalo se potřeba kontinuálních a přitom dostatečně rychlých změn, které měly za cíl urychlit výrobní proces.

Největším zastáncem nové metody byl dr. William Edward Deming, který jakožto jeden z kontrolorů kvality výrobků měl nalézt a nabídnout Americkým výrobcům vhodné řešení pro válečné období. Jeho hlavním cílem bylo naučit manažery motivovat své zaměstnance, umět je zainteresovat do pracovního procesu a zlepšit tak celkovou výkonnost dané činnosti.

Po druhé světové válce bylo podnikatelské prostředí založeno na vytváření nových technologií a nových produktů. Podniky se v této době zaměřovaly pouze na inovační strategie. Ovšem toto období přerušila v 70. letech ropná krize. Znamenala velký mezník v oblasti podnikání. Tato nová situace byla charakterizována například vysokým nárůstem cen materiálů, energie a pracovní síly, zvýšenou konkurencí na nasycených trzích, spotřebitelé se zaměřili na kvalitu produktů, atd. V tomto období se začala velmi výrazně projevovat síla japonské strategie Kaizen. Japonské firmy, které tuto metodu využívaly a dále využívají, dosáhly velkých úspěchů na světových trzích a jsou vysoce konkurenčními podniky. Západní podniky si tuto metodu osvojují jen velice pomalu. Tím také vzrůstá význam japonských firem na západních trzích. [1]

2.1.2.1 Rozkvět filozofie KAIZEN v Japonsku

Japonci myšlenku postupného zlepšování přijali velmi ochotně, jelikož si dobře uvědomovali, v jakém stavu se jejich země po porážce ve válce nachází. Více než tisíc japonských manažerů bylo vyškoleny dr. Demingem a jeho kolegy v metodice TWI,

osvojili si ji a přenesli ji do své země, aplikovali tak, aby se přizpůsobila jejich tradici a současné situaci v Japonsku. [6]

„Většinu „typicky japonských“ manažerských praktik, jako je absolutní kontrola kvality, kroužky kontroly kvality a vztahy na pracovišti, lze zredukovat na jediné slovo: KAIZEN. Používání termínu KAIZEN namísto populárních pojmů jako je produktivita, absolutní kontrola kvality (TQC), nulová poruchovost (ZD), právě včas (JIT) a systém zlepšovacích návrhů, mnohem přesněji napovídá, co se děje v japonském průmyslu. Nicméně musíme hned dodat, že tyto praktiky nejsou pouze součástí japonského managementu, ale měly by být spíše považovány za rozumné principy managementu jako takového. Následováním správných kroků a správnou aplikací příslušných procesů může z koncepce KAIZEN profitovat jakákoli společnost v kterékoli zemi.“ (Imai, 2005, s. 20)

2.1.3 Základní koncepce filozofie KAIZEN

„Víra v neustálé zdokonalování je hluboce zakořeněna v japonské mentalitě. Jak říká staré japonské přísloví: „Jestliže jste někoho neviděli tři dny, dobře se na něj podívejte, jakou prošel změnou.“ Příklad naznačuje, že za tři dny se člověk musí změnit, takže jeho přátelé by měli být schopni si této změny povšimnout.“ (Imai, 2007, s. 24)

Kaizen je střešní pojmem, ve kterém lze zahrnout většinu z těch „unikátních japonských“ praktik, jež v poslední době dosáhly světové slávy.

Střešní pojem KAIZEN

- | | |
|---|---|
| • Orientace na zákazníky | • <i>kanban</i> |
| • Absolutní kontrola kvality | • Zdokonalování kvality |
| • Robotika | • „Právě včas“ (Just-in-time) |
| • Kroužky kontroly kvality | • Žádné kazové zboží |
| • Systém zlepšování návrhů | • Aktivita malých skupin |
| • Automatizace | • Dobré vztahy management – zaměstnanci |
| • Disciplína na pracovišti (5S) | • Zvyšování produktivity |
| • Absolutní údržba výrobních prostředků | • Vývoj nových produktů |

Obrázek č. 2.2: Střešní pojem Kaizen

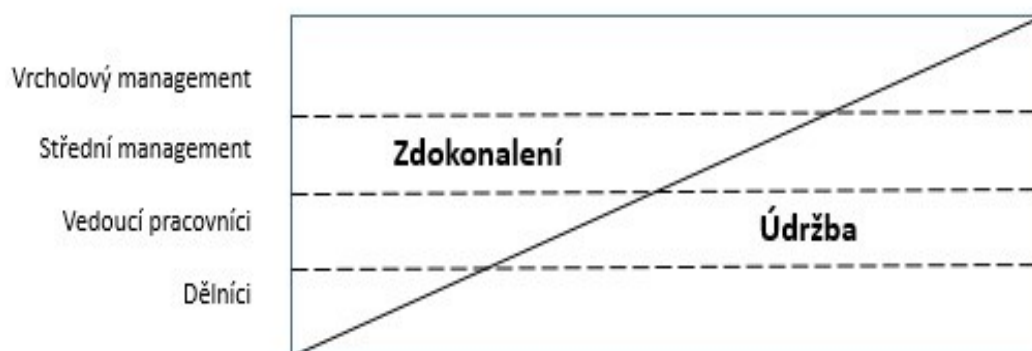
(Zdroj: Formánek, 2009)

Už první z těchto bodů – orientace na zákazníka – odhaluje jeden z hlavních nedostatků současného průmyslu. Z potenciálních zákazníků se totiž stala pouze absolutní entita, se kterou se lidé, kteří se na daném produktu podílejí, obvykle nesetkají. [1]

Tento fakt je pochopitelně z velké části zapříčiněn současným objemem výroby, snahou o co nejširší nabídku zboží, globalizací trhu, ale přesto i zde je možno najít řešení.

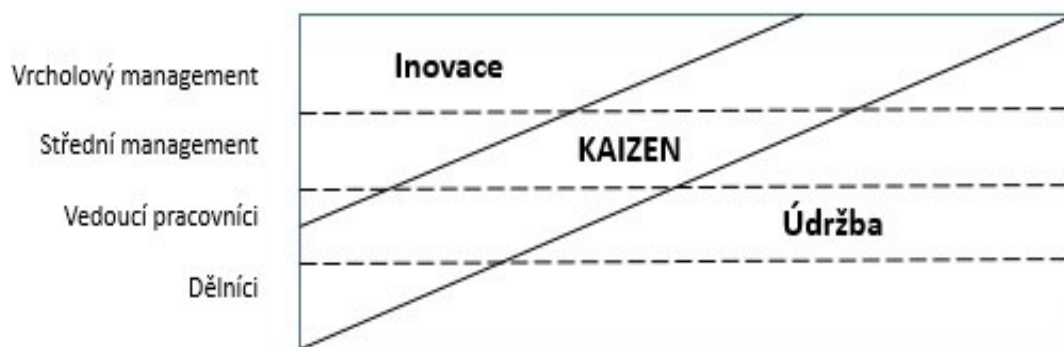
2.1.3.1 KAIZEN a management

Jak vyplývá z obrázku 2.3, mezi důležité funkce filozofie kaizen patří i údržba a zdokonalování. Údržba se zabývá aktivitami, které jsou zaměřeny na udržování stávajících manažerských, provozních a technologických funkcí prostřednictvím vzdělávání a disciplínou všech zaměstnanců. Každodenní činnosti podniků fungují podle určitých daných plánů. Pokud jsou tyto plány formálně zapsány, stávají se z nich standardy. Podnik by se měl snažit nejen o to udržovat stávající standardy, ale rovněž je vylepšovat, aby se dostaly na vyšší úroveň.



Obrázek č. 2.3: „Japonské vnímání jednotlivých pracovních pozic“ [1]

Tato vylepšování, zdokonalování lze charakterizovat buď jako kaizen, nebo jako inovace (viz Obr. 2.4). Pojem kaizen v tomto případě označuje tu část dobrých zdokonalení, které jsou výsledkem neustále probíhajícího procesu. Pojem inovace pak znamená výrazná zlepšení, je to výsledek rozsáhlých, mnohdy finančně nákladných investice do nových technologií nebo zařízení. V tomto pojetí to znamená, že kaizen klade důraz na úsilí všech zaměstnanců, na zvyšování jejich vzdělání, na vzájemné komunikace, týmovou práci a sebe disciplínu, tedy na přístup založený na používání zdravého rozumu a za nízkých nákladů, jak už jsme uvedli výše. Vrcholové manažeri jsou často fascinováni inovací, tzn. investicemi do strojů a zařízení, proto mají tendenci být netrpěliví a přehlížet dlouhodobé přínosy koncepce kaizen.



Obrázek č. 2.4: „Zdokonalení rozdělení mezi inovací a kaizen“ [2]

2.1.3.2 Proces a výsledek

Kaizen podle Masaaki podporuje myšlení, které se orientuje na proces, protože k tomu, aby se zlepšily výsledky, musí se zdokonalit procesy, jež k nim vedou. Při selhání snahy dosáhnout plánovaných výsledků musíme si uvědomit, že došlo k selhání procesů. Management musí umět takové chyby v procesu odhalit a opravit. Aby došlo k úspěchu v procesu kaizen, vrcholný management musí být aktivní a tato aktivita musí být demonstrována okamžitě a neustále.

2.1.3.3 Kontrola kvality

„Pod kvalitou se v tomto kontextu rozumí kvalita výrobků nebo služeb. Nicméně v širším smyslu to rovněž znamená kvalitu procesů a práce v pozadí těchto výrobků a služeb. To první můžeme nazývat „kvalitou výsledku“ a to druhé „kvalitou procesu“. Podle této definice se kvalita týká všech fází podnikové činnosti – konkrétně procesu vývoje, projekce, výroby, prodeje a údržby výrobků a služeb.“ (Imai, 2005, s. 49)

Imai k tomu dodává: *„Firma, jež dokáže doslova zabudovat kvalitu do svých zaměstnanců, je okamžitě na půli cesty k produkci kvalitních výrobků.“ (Imai, 2007)*

Chceme-li tedy správně pochopit pojem kvality v rámci metody kaizen, musíme se zaměřit především na lidské zdroje a jejich potenciál. Tento bod je důležitý zejména pro české podniky, které s filozofií neustálého zlepšování nemají příliš velké zkušenosti. Je třeba naučit zaměstnance, aby byli schopni odhalit nedostatky ve výrobních procesech. A aby uměli tyto problémy správně řešit. Jde o vybudování určité formy disciplíny, která je pro realizaci kaizen potřebná. Zde se také velmi projevuje výše zmíněná spolupráce mezi lidmi ve firmě, mezi jednotlivými sférami vedení. [1]

Není moudré kontrolu kvality podceňovat, jelikož je to právě ona, která hraje hlavní roli v konkurenceschopnosti firmy na trhu. Kaizen se v tomto samozřejmě nezaměřuje pouze na lidi, ačkoli je to velmi důležitý aspekt, a proto se ve spojitosti s touto filozofií mnohem častěji využívá označení TQC (Total Quality Control) neboli celopodniková kontrola kvality. Jedná se o systematický přístup, zaměřený na zdokonalování výkonů na všech úrovních. Tyto zdokonalené výkony jsou zaměřeny na plnění takových cílů, jako je kvalita, náklady, plánování, rozvoj pracovních sil a vývoj nových produktů. Lze se domnívat, že tyto aktivity vedou ke zvýšené spokojenosti zákazníků. [15]

a) Kroužky kontroly kvality

Kroužky QC začaly vznikat v roce 1962 pod patronátem JUSE s cílem vytvářet pro zaměstnance příjemná a smysluplná pracoviště. Kroužky původně nevznikaly proto, aby vedly ke zvýšení produktivity a kontroly kvality. Právě naopak, kroužky zakládali dobrovolně sami zaměstnanci, aby dali své práci větší smysl. Když takový kroužek vznikne, chopí se tématu, který se bezprostředně nabízí, tedy organizace a bezpečnosti práce, a až postupně se dostává k náročnějším úkolům. Zvýšená produktivita a kvalita jsou pouze dvěma měřítky úspěchu takového snažení.

Jelikož jsou kroužky QC dobrovolné, management je zaměstnancům nevnučuje. Kroužky se mohou scházet buď během pracovní doby, nebo po jejím skončení. Jestliže se schází po pracovní době, management jim může, ale nemusí platit přesčas. V některých případech dostanou účastníci schůzek zdarma jídlo v podnikové kantýně.

Poté, co jsou aktivity kroužku již dobře rozběhnuty, management je může poněkud usměrňovat a ocenit jejich práci v případě, že se dostaví výsledky. Mnoho společností různými způsoby odměňuje kroužky QC, jejichž činnost je významným příspěvkem k úspěchu celého podniku.

Dnes už do tohoto hnutí patří i zaměstnanci subdodavatelů. Řeší se tak problémy, dobře známé na obou stranách subdodavatelských vztahů. V některých společnostech pracuje hodně zaměstnanců, většinou žen s dětmi na zkrácený úvazek. Nicméně i ti se aktivně účastní řešení problémů na pracovišti prostřednictvím kroužků QC. Činnost kroužků QC pravděpodobně probíhá ve více než polovině všech japonských společností a firem.

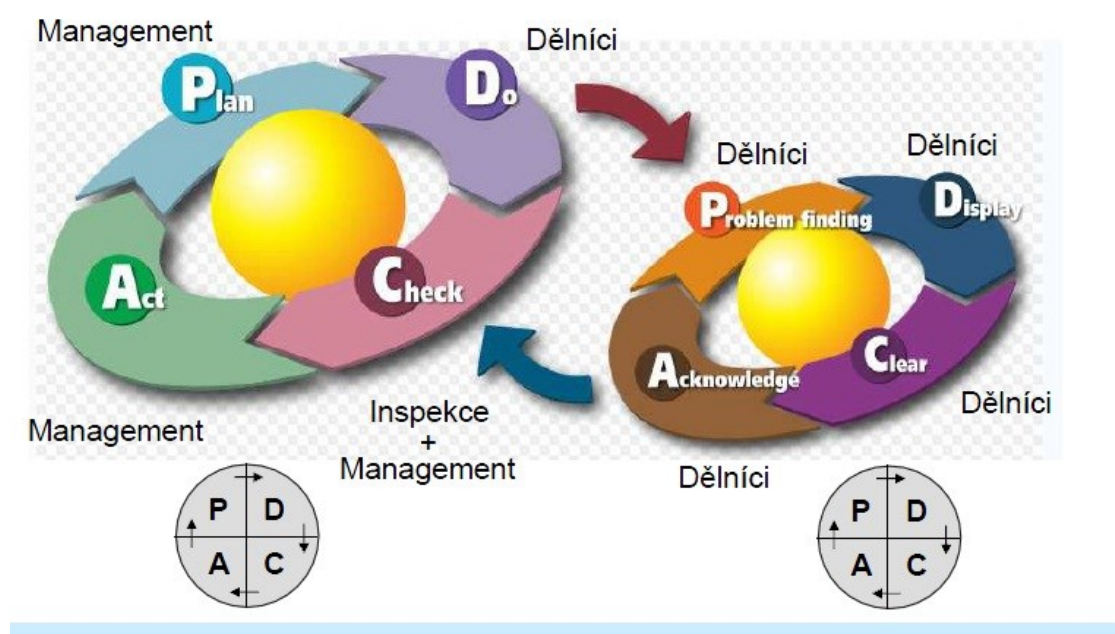
Podle „Obecných principů kroužku QC“, vydaných svazem JUSE (Svaz japonských vědců a techniků), je kroužek QC definován jako skupina zaměstnanců, provádějící na

svém pracovišti činnosti na poli kontroly kvality, malá skupina, provádějící svou činnost kontinuálně jako součást celopodnikového programu kontroly kvality, sebezdokonalování, vzájemného zdokonalování, kontroly toků a zlepšování a zdokonalování všeho na pracovišti. Účastí v aktivitách kroužků QC získávají jejich členové cenné zkušenosti v oblasti komunikace s kolegy, společného řešení problémů a sdílení výsledků s jinými. [1]

b) Demingovo kolo (cyklus PDCA)

Mezi prvními kroky v procesu kaizen je zavedení cyklu plánuj – udělej – zkontroluj – uskutečni (anglicky Plan – Do – Check – Act) – PDCA. PDCA je tedy nástroj, který zajišťuje udržení spojitosti procesu a zdokonalování standardů. Je to jeden z nejdůležitějších pojmů celého procesu, jak už jsme uvedli výše. (viz Obr. 2.5)

Původní cyklus PDCA revidovaný na základě japonského KAIZEN



Obrázek č. 2.5: Původní cyklus PDCA a revidovaný podle japonského vylepšení.

(zdroj: Formánek, 2009)

- **Plánuj** – Zkontrolovat současnou výkonnost a posoudit případné problémy či omezení v procesech. Shromáždit data o hlavních problémech a zaměřit se na hlavní příčiny problémů. Následně navrhnout možné řešení a naplánovat způsob provedení nejvhodnější řešení.
- **Udělej** – Realizace plánované činnosti.

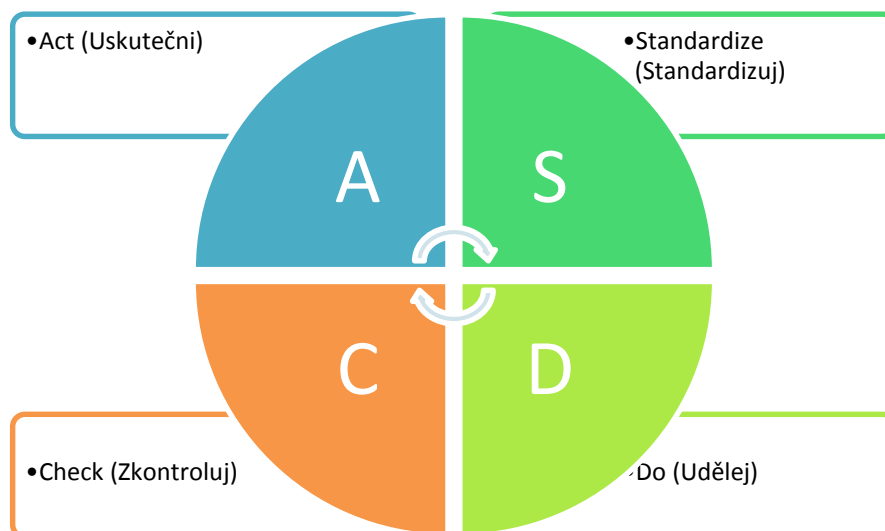
- **Zkontroluj** – Vyhodnotit výsledky a posoudit, zda plánovaných výsledků bylo dosaženo. Pokud se zde vyskytnou nějaké problémy, soustředit se na ty, které brání zlepšení.
- **Uskutečni** – Na základě otestovaného řešení a vyhodnocení dosavadního výsledku rozpracovat konečné řešení tak, aby bylo trvale použitelné kdekoliv.

Jelikož cyklus PDCA probíhá neustále, jakmile dojde ke zdokonalení, výsledný setrvalý stav se stává dalším cílem zdokonalení. PDCA znamená to, že se nikdy nelze spokojit se současným stavem. Management musí cyklus PDCA stále iniciovat opakovaně zaváděnými cíli, protože zaměstnanci dávají přednost setrvalým stavům.

Japonci se tím taky řídí a aplikují celý cyklus do svojí firmy, nicméně brzy zjistili to, že jen použití PDCA jako nápravného opatření nestačí. Výsledkem bylo zavedení nové koncepce PDCA, tzv. Revidovaný cyklus PDCA (viz Obr. 2.5). Tento nový koncept PDCA se projevuje jako účinný zdroj řízení pro kroužky kontroly kvality – QC.

Jako každý nový pracovní proces je i tento na začátku nestabilní. Před zahájením cyklu PDCA je nutné, aby stávající proces byly stabilizovány. Cyklus stabilizování stávajících procesů bývá často označován jako cyklus SDCA: Standardize – Do – Check – Act (standardizuj – udělej – zkontroluj - uskutečni) – viz Obr. 2.6

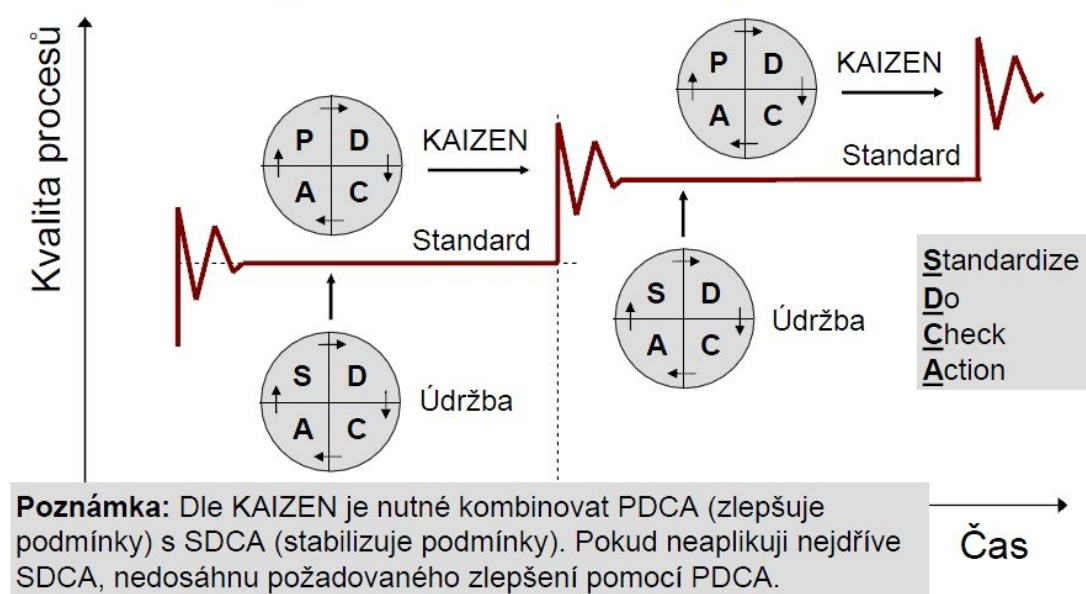
Podle Imai nejlepšího způsobu neboli nejefektivnějšího zdokonalení výrobního procesu dosáhneme, když provádíme oba cykly PDCA a SDCA současně v interakci. PDCA je cyklus zaměřený na zdokonalování stávajících procesů a SDCA na druhé straně se zabývá údržbou těchto procesů, jde o vzájemný vztah (interakci) mezi těmito dvěma cykly (viz Obr. 2.7).



Obrázek č. 2.6: Cyklus SDCA

(Zdroj: Vlastní zpracování podle Imai, 2005)

Interakce cyklů PDCA a SDCA s koncepcí KAIZEN a údržbou



Obrázek č. 2.7: Interakce cyklů PDCA a SDCA s koncepcí KAIZEN a údržbou.

(Zdroj: Formánek, 2009)

2.1.4 Systémy KAIZEN

Kaizen je velmi široký pojem, který zastřešuje další japonské praktiky, jež v poslední době dosáhly světové slávy. Následně probereme některé pojmy zmíněné ve filosofie kaizen.

2.1.4.1 Absolutní kontrola / řízení kvality

Jedním z hlavních principů japonského managementu je absolutní kontrola kvality (Total Quality Control – TQC), která původně kladla důraz na kontrolu procesu tvorby kvality. Ta se později vyvinula v systém zahrnující všechny aspekty řízení a ten je nyní souhrnně označován jako absolutní řízení kvality (Total Quality Management – TQM).

Zmíníme-li se o kvalitě, mnoho lidí ihned napadne pouze kvalita výrobků. Ale v širším slova smyslu se jedná, také o kvalitu strategie výroby a na prvním místě v systému TQC bylo a je zlepšit kvalitu života zaměstnanců. Třemi základními kameny podnikání jsou „hardware“ (stroje a výrobní zařízení), „software“ (znalost, know-how) a „humanware“ (lidské zdroje). TQC, jak jsme již uvedli, klade důraz na zvyšování kvality života lidí i kvality jejich pracovního zařazení. Jestli jsou správní lidé na správných místech, je možno uvažovat o dalších aspektech podnikání týkajících se hardwaru a softwaru.

TQC se stala propracovaným systémem řešení podnikových problémů a aktivit přímo vedoucích ke zlepšování a zdokonalování těchto aktivit.

2.1.4.2 Systém zlepšovacích návrhů

Systém zlepšovacích návrhů funguje jako nedílná součást strategie kaizen zaměřené na jednotlivce a důraz klade na to, že pozitivní účast zaměstnanců zvyšuje jejich pracovní morálku.[1]

Povzbuzování zaměstnanců k podání různých návrhů – jakkoli malých, tak vnímají japonští manažeři jejich primární roli v tom, jak vzbudit zájem zaměstnanců o kaizen. Zaměstnanci jsou často vyzýváni k diskuzi ohledně jejich návrhu manažery, aby ti uváděli jejich nápad do praxe, dokonce ještě předtím, než předloží příslušný formulář. Samozřejmě se neočekává, že každý návrh přinese ohromný zisk, primárním cílem je výchova zaměstnanců, aby vybudovali sebekontrolu a přemýšleli v intencích kaizen. Tímto způsobem se můžeme vyhnout neshodám mezi manažery a zaměstnanci při zavádění nové strategie i přispět jejich nápady na zlepšení. Konec konců zaměstnanci

mají lepší přehled o problémech při vykonávání jejich denní rutiny na konkrétním pracovišti než manažer.

2.1.4.3 Výrobní systém „právě včas“

Pojem výrobní systém „právě včas“ neboli „Just In Time“ byl poprvé aplikován v závodech Toyota Company v roce 1926. Jedná se o metodu zvyšující produktivitu práce, kde jako hlavní faktor vstupuje čas – to dokazuje velice známá věta, která je v dnešní době hojně používaná ať manažerem nebo obyčejným operátorem: „Čas jsou peníze.“[7]

Jedná se o změnu ve výrobních systémech, která se opírá o myšlenku slučitelnosti rychlosti s přizpůsobivostí reakce na změnu.

Ve snaze o minimalizaci pohybu materiálu ve skladech je zde uplatňován princip řízení výrobního procesu tak, že vše je podřízeno aktuální potřebě.

Hlavním cílem je odstranit všechny aktivity, které nepřidávají hodnotu, a vytvořit zeštíhlený výrobní systém, dostatečně flexibilní, aby reagoval na výkyvy v zákaznických objednávkách. Za „kořeny všeho zla“ jsou považovány především vysoké zásoby a pak také nevyužívání výrobních kapacit strojů.

Systém JIT ve výrobním procesu má následující výhody: zkrácení doby výroby, zkrácení doby mimo výrobní aktivity, snížení stavu zásob, rovnováha mezi jednotlivými procesy a objasnění problémů. V systému JIT je nutné preferovat preventivní systém a zejména prediktivní údržbu s cílem předcházet poruchám strojů tak, aby nebyla narušena plánovaná synchronizace pracovišť, aby podnik mohl stabilně dosahovat požadované úrovně kvality.

2.1.4.4 Metoda 5S

Aby byla pracoviště schopna bezproblémového chodu, je nutná kontrola aby zjistil, zda jsou dodržována všechna ustanovení. Prostředkem zjednodušení této kontroly je tzv. „kontrola pohledem“.

Cílem je urychleně odstranit každý nedostatek ve výrobním procesu, to vede ke zvýšení efektivity výroby, zvýšení bezpečnosti práce, lepší plnění časových cílů, zvýšení kvality a snížení nákladů.

Metoda 5S vede k zajištění pracoviště, které je

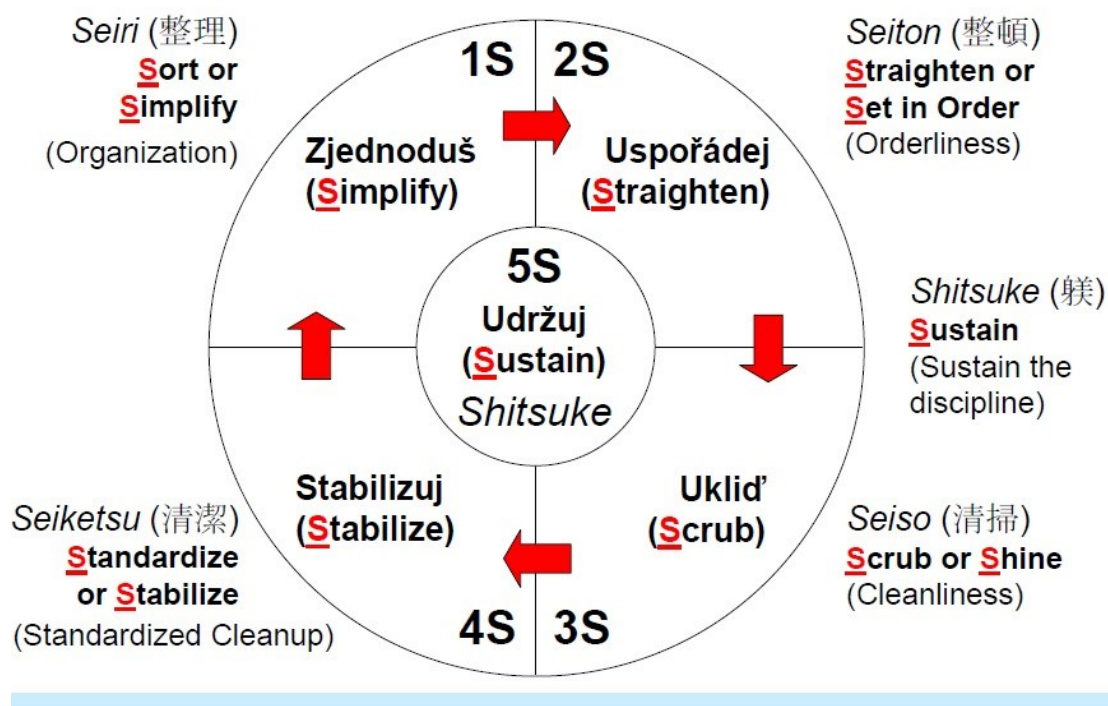
- Čisté
- Přehledně uspořádané
- Bezpečné a
- Produktivní

Jedná se o jednoduchou a univerzální metodu, která funguje všude na světě a ve všech prostředích (tzn. v pracovním prostředí i v soukromém životě). Řeší vlastně základní otázky jako: jsou potřebné X nepotřebné, zda jsou na správném místě X jsou na nesprávném místě nebo máme je ve správním množství X nemáme ve správném množství.

„Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke“ – pět japonských slov, na jejichž základě název metody vznikl, stručně přeloženo do češtiny jako 5U (Utrždit, Uspořádat, Udržovat pořádek, Určit pravidla, Upevňovat a zlepšovat).[7]

5 kroků metody 5S (viz. Obr 2.8)

- **Utrždit = Zjednoduš** – Jasně rozlišuje mezi položkami potřebnými a položkami nepotřebnými. Odstraň ty, co jsou nepotřebné. Zde je nutné vytvořit standardy pro potřebné věci a přesně definovat „časové měřítko“. Dále se musí určit prostor pro nepotřebné věci a stanovení způsob jak je zlikvidovat.
- **Uspořádat** – Potřebné položky uspořádej tak, aby mohly být snadno používány a vždy správně vráceny na původní místo
- **Udržovat pořádek** – Pravidelně provádět úklid a nalezené závady ihned hlásit pověřené osobě (stanovení pravidlo kontroly na začátku směny a úklidu na konci směny)
- **Určit pravidla** = Stabilizace – Udržovat a dále zlepšovat podmínky, které byly nastaveny v předchozích 3 krocích.
- **Upevňovat a zlepšovat** – Dodržovat stanovená pravidla, disciplínu a návyky, které umožňují řádně aplikovat postupy dle metody 5S. Neporušovat pravidla pouze vlastním rozhodnutím.[7]



Obrázek č. 2.8: Kroky metody 5S

(Zdroj: Formánek, 2009)

2.1.4.5 Metoda 3 „MU“ a 7 typu „MUDY“

Pojem 3 „MU“ zahrnuje význam pojmů „MURI“ (nemožné, namáhavá práce), „MUDA“ (odpad, plýtvání) a „MURA“ (nepravidelnost). (viz Obr. 2.9)

MUDA (plýtvání) – Každá výroba nebo každá lidská činnost je složena z procesů, které buď přidávají, nebo naopak nepřidávají žádnou hodnotu do výsledného produktu. *Muda* označuje ve výrobním procesu ty skutečnosti, které žádné hodnoty nepřidávají a za které zákazník nechce zbytečně platit. [7]

Jak tvrdil Bauer: „*Nezměrné bohatství je skryto ve využití času, který je spotřebována na činnosti jiné, než je přidávání hodnoty*“. A také „*Když dokážeme objevit MUDA. Objevili jsme potenciální možnost zisku*.“ (Bauer, 2012, s. 25, 26)

MURA (nepravidelnost, změna) – Kdykoliv je narušený hladký tok práce stroje a jeho obsluhy, postup produktů na lince či narušení plánu výroby, jedná se o „MURA“. Například v rámci obsluhy výrobní linky provádí každý dělník příslušný opakovaný úkon, pak pošle vyráběný produkt k další osobě. Jestliže jednomu dělníkovi trvá jeho úkol déle než ostatním, vzniká mura, stejně jako muda, jelikož práce všech se musí přizpůsobit práci nejpomalejšího článku.[2]

MURI (namáhavá práce) – znamená větší zatížení jak pro zaměstnance i stroje, tak stejně pro celý pracovní proces. Například: při výkonu svého úkolu se zaměstnanec mohutně potí, musí být jasné, že jeho úkol je příliš namáhavý. Nebo když slyšíme, že stroj vydává při práci divné zvuky, musíme uvědomit, že se jedná o abnormalitu, kterou je potřeba vyřešit.[2]



Muri = overburdened



Mura = unevenness, fluctuation, variation



Muda = waste



No Muri, Mura, or Muda

Obrázek č. 2.9: 3 MU podle filozofie KAIZEN. [20]

Ze všech aktivit v rámci kaizen je nejsnadnější začít právě s odstraněním *muda*, jelikož není obtížné ji identifikovat, jakmile získáme potřebné dovednosti. Odstranění *muda* obvykle znamená přestat s něčím, co jsme až doposud dělali, a proto neobnáší žádné náklady.[2]

Existuje tzv. 7 typů plýtvání, které při odstranění *muda* by nás měly zajímat. (viz Obr. 2.10.)



Obrázek č. 2.10: Sedm Typů plýtvání. [21]

2.1.5 Kaizen versus inovace

Ve zjednodušené podobě lze proces zlepšování chápat ve dvou úrovních. V prvním případě jde o zlepšování skokové = inovaci (změnu stavu), takový postup je typický pro evropské chápání změny. Ve druhém případě se jedná o pojetí filozofie kaizen, která je naprostým opakem inovací. Nesnaží se o radikální a okamžité změny, výsledky nejsou ihned viditelné, ale jedná se o proces, který je kontinuální, jak jsme se už zmínili.

2.1.5.1 Inovace

Inovace představuje zásadní změny, které jsou důsledkem technologického pokroku, a očekává se od nich, že budou okamžitě viditelné. Jedná se o jednorázové, zásadní, dramatické a často také nákladné změny (nákup nové technologie, technického vybavení, strojů, nových technických zařízení). Inovace zpravidla probíhají v krátkém časovém úseku a upoutávají na sebe velkou pozornost. Inovace lze představit jako výron lávy, který se opakuje jen ve velmi vzdálených časových úsecích. [1]

2.1.5.2 Srovnání kaizen versus inovace

Ve své knize Imai uvedl srovnání mezi kaizen a inovacemi do velice přehledných tabulek

	KAIZEN	Inovace
1. Účinek	Dlouhodobý a dlouho trvající, ale nedramatický	Krátkodobý, ale dramatický
2. Tempo	Malé kroky	Velké kroky
3. Časový rámec	Kontinuální a přípustkový	Přerušovaný a nepřirůstkový
4. Změny	Postupné a neustálé	Náhlé a přechodné
5. Účast	Všichni	Několik vybraných „šampionů“
6. Přístup	Kolektivismus, skupinové úsilí, systémové přístup	Drsný individualismus, individuální nápady a úsilí
7. Typ Změny	Udržování a zdokonalování	Přestavba od začátků
8. Impuls	Konvenční know-how	Technologické průlomy, nové vynálezy, nové teorie
9. Praktické požadavky	Minimální investice, ale velké úsilí na udržení	Vysoké investice, ale málo úsilí na udržení
10. Zaměření úsilí	Lidé	Technologie
11. Kritéria hodnocení	Procesy a úsilí o dosažení lepších výsledků	Výsledky a zisk
12. Výhody	Funguje dobře v pomalu rostoucí ekonomie	Vhodnější pro rychle rostoucí ekonomiku.

Obrázek č. 2.11: Srovnání hlavních rysů kaizen a inovace

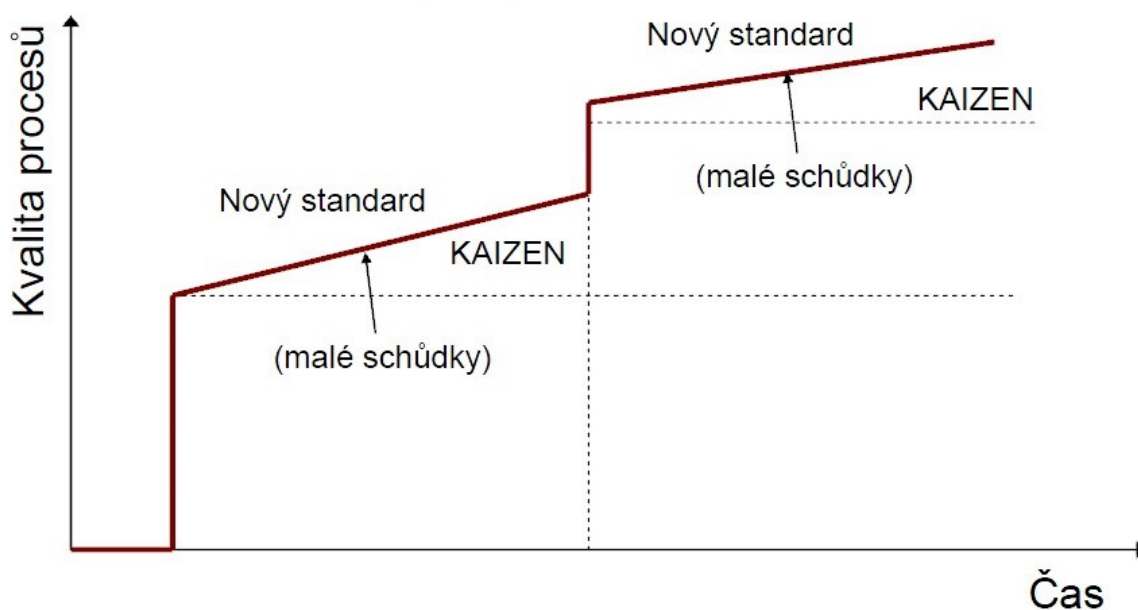
(Zdroj: Vlastní zpracování podle Imai, 2007)

Je velice zajímavé, že kaizen, metoda, které často potřebuje jen zdravý rozum ke zlepšení celkového procesu podniku, neznamena, že nepotřebuje také nejmodernější technologie. Na druhé straně nestačí jen investice do inovací, aby si vedení podniku mohlo myslet, že výroba v podniku bude konstantně růst. Ve skutečnosti neexistuje nic takového jako statická konstanta, všechny systémy po svém zavedení znamenají malý krůček zpět nebo stagnaci. Jeden ze slavných Parkinsonových zákonů zní, že jakmile se podaří vybudovat fungující organizaci, začne se hroutit.[1]

Jinak řečeno, musí zde existovat neustálé úsilí o zlepšování, aby byl udržen aspoň status quo. Jestliže to úsilí chybí, úpadek je nevyhnutelný.

Pročež – aby dnešní podnik uspěl v konkurenčním prostředí, je nutno kombinovat inovace a metodu kaizen, aby bylo dosaženo optimálního výsledků, viz Obr. 2.9.

Příklad průběhu při společném působení inovace a KAIZEN



Obrázek č. 2.12: Společný působení inovace a KAIZEN

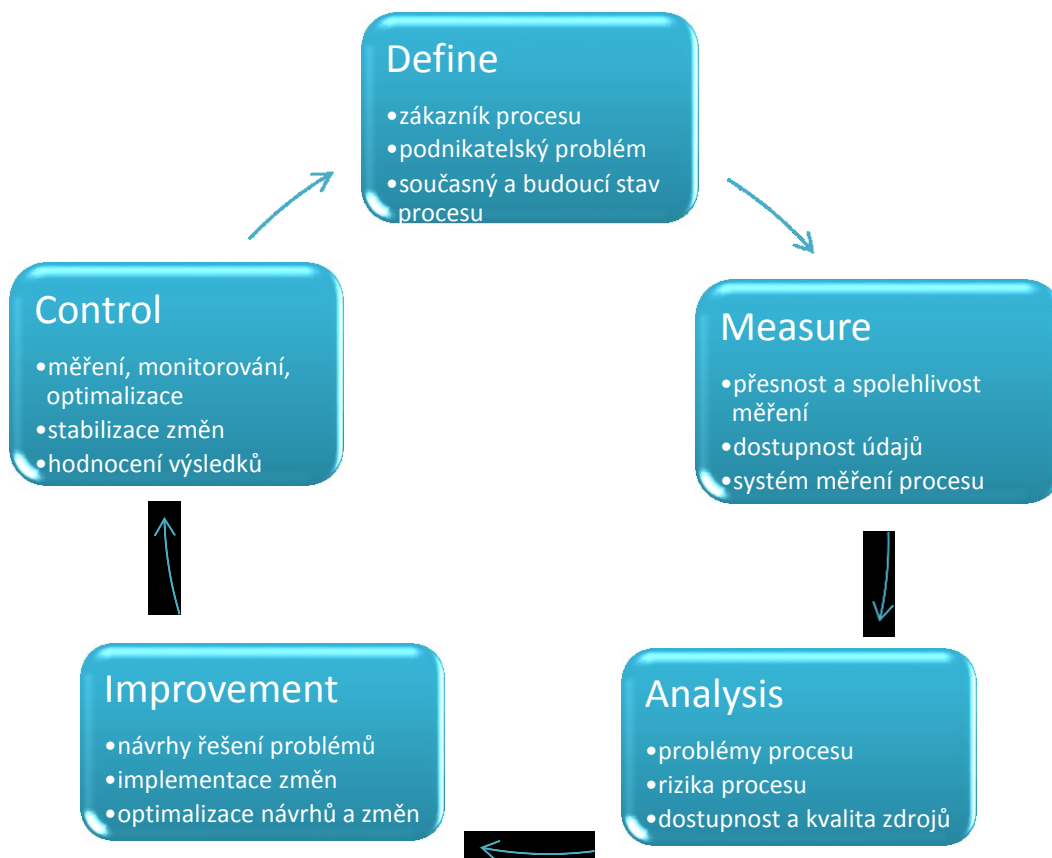
(Zdroj: Formánek, 2009)

2.2 Six Sigma a Lean Six Sigma

2.2.1 Six Sigma

Six Sigma, metodologie, kterou zavedla společnost Motorola, je zaměřena na zvýšení kvality a zlepšování procesů podniku. Sigma je vlastně směrodatná odchylka charakteristik procesů, je jedním z programů analýzy způsobilosti procesu. Označuje rozsah rozdílů nebo odlišností ve vybrané skupině položek nebo dat procesu. Cílem je umístění šestinásobku směrodatné odchylky dovnitř pole, vymezeného horní a dolní toleranční mezí. Six Sigma tedy označuje úroveň hospodárnosti procesu, kdy proces způsobuje maximálně 3,4 vady v 1 milionu výrobních jednotek. Stručně řečeno, snaží se vylepšit podnikové procesy tak, aby se předcházelo vzniku nežádoucích jevů, jako jsou neshody, ztráty, reklamace apod. Cílem metody je snížit náklady a zvýšit ziskovost a mít spokojené zákazníky.

Jak poznamenal jeden japonský manažer: „Je mimořádně obtížné zvýšit prodej o 10%. Ale není tak těžké výrobní náklady o 10% snížit, což má ještě lepší účinek.“[1]



Obrázek č. 2.13: Integrace DMAIC.

(zdroj: vlastní zpracování podle Svozilová, 2011)

K zavedení Six Sigma je využíván zlepšovací proces DMAIC, kdy jednotlivá písmena znamenají 5 fází označených symboly DMAIC. Tyto fáze jsou vzájemně propojeny a tvoří proces. Výstup jedné fáze je zároveň vstupem do fáze následující.

- **D – DEFINE (Definice)**

Cílem fáze definování je jasné určení toho, co je třeba zlepšit. Věnuje se specifikaci daného problému, identifikování potřeb zákazníka a důležitých potřeb podniku. Stanovení cíle zlepšování je proto velice nutný krok. Dalším nezbytným krokem je shromáždit všechny podklady a data o procesu, kterého se problém týká, následně určit pracovní tým, který vzniklý problém bude řešit do stanoveného termínu a odpovídat za něj.

- **M – MEASURE (Měření)**

Stupně kvality a úroveň nákladů se současně při výrobě pohybují. Proto během výroby se zjišťuje a měří výroby i proces. Sleduje se četnost výskytu vad, frekvence výskytu neshod a identifikujeme jejich příčiny na vstupu procesu i jejich ovlivnění na výstupu. Nasbírat a vyhodnotit potřebná data o současné situaci, použít správné metody znázornění jak se proces chová v průběhu času, je hlavním cílem této fáze.

- **A – ANALYZE (Analýza)**

Při analýze se jedná o detailní zaměření na problematiku neefektivnosti procesu. Spočívá v úpravě a struktuře měřených výsledků. Hlavním cílem analýza vztahů mezi vstupy a výstupy podniku, následně určení těch výstupních faktorů, které mají přímý vliv na četnost výskytu vad. Také rozeznáváme metod a nástrojů (Paretova analýza, FMEA atd.) vymezit tým pracovníků klíčové vstupní parametry, které jsou důležité pro objasnění počtu výrobků.

- **I – IMPROVEMENT (Zlepšení)**

Cílem zlepšení je realizovat plán, který vedl ke stanovení cíle, tak i ke stanovení přínosů, nákladů a rizik jednotlivých řešení, aby bylo docíleno optimálního řešení. K tomu se používají různé procesní modely, z nichž si přiblížíme hlavně metodou Poka – Yoke. Fáze končí ověřením, zda bylo stanoveného cíle dosaženo.

- **C – CONTROL (Řízení)**

Kontrola výkonnosti zlepšeného procesu se provádí v poslední fázi. V případě úspěšného řešení dochází k jeho standardizaci. Standardizací procesů a soustavnou kontrolou zajistíme životaschopnost zlepšení a fakt, že problém již opětovně nevznikne. Ocenění pracovníků, kteří se zlepšovacím návrhem přišli, je motivací k další prospěšné činnosti celého podniku. Hlavním cílem této fáze je zabezpečení trvalého udržení zlepšeného stavu.

2.2.2 Lean Six Sigma

Lean Six Sigma je dnes hlavní technikou pro maximalizaci výrobní účinnosti a udržení kontroly nad každým krokem v řídicím procesu. Kombinací Lean manufacturing a Six Sigma dochází ke snížení nákladů vyplývajících z přílišné složitosti. Lze to definovat takto: Lean se dívá jakoby dovnitř výrobního procesu, zjednodušuje a zrychluje. Co se

týče Six Sigma, je to úplný opakem, dívá se z pohledu zákazníka a soustředuje se na operace přidávající hodnotu. Společně vzniká správný **synergický efekt jednoduššího, rychlejšího a kvalitního procesu**. [5]

2.3 Simulace a nástroje zlepšování podnikových procesů

Existuje několik důvodů proč zavádět modelování a simulaci do výrobního podniku. V současné době se mluví o globalizaci, vysokých požadavcích zákazníků a komplexnosti podnikových úloh. V prostředí, které je označován za „turbulentní“, se podnik nemůže soutěžit s konkurencí bez neustálého zlepšování a restrukturalizace podnikových procesů. Simulace nabízí jedinečnou možnost modelovat ještě neexistující proces nebo již stávající procesy a hledat problémy, které se vyskytují v procesech, jako jsou vytížení strojů a jednotlivého personálu apod.

2.3.1 Podnikové procesy

„Jednoduše řečeno, podnikový proces je souhrnem činností, transformujících souhrn vstupů (zboží nebo služeb) pro jiné lidi nebo procesy, používající k tomu lidi a nástroje.“ (Řepa, 2007, s. 14)

Podniky v posledních dvaceti letech jsou nuceny mnohem více než kdy předtím uvažovat a soustavně usilovat o zlepšování svých podnikových procesů. Příčinou může zákazník a jeho náročnost, které potřebují stále lepší a lepší produkty a služby, současně s množstvím konkurence na trhu, kdy si zákazník může vybírat a nastane problém jak si zákazníka udržet. [13]

„Zlepšování podnikových procesů je dnes holou nezbytností pro udržení firmy na trhu.“ (Řepa, 2007, s. 14)

Základním vlastností procesů patří zejména následující:

- Zkoumání a dokumentování vazeb vstup-výstup (zákazník-dodavatel) zobrazených na procesní mapě může vést k získání řady nových poznatků a z nich pak plynou zlepšení.
- Pro celkové chápání a zlepšování firemních procesů je nezbytné provést podobou analýzu procesů, kterými se vstupy mění ve výstupy. Protože mezi každým vstupem a výstupem je proces.
- Proces vytvářející výrobky nebo služby, jejímž příjemcem je externí zákazník dané firmy, nazýváme **hlavní procesy**. Jiné procesy vytvářející výrobky nebo

služby „neviditelné“ pro externího zákazníka, avšak nezbytné pro efektivní řízení firmy, se označují jako **podpůrné procesy**. Řídící procesy tvoří kategorii procesů, která zahrnuje opatření, jež by měli manažeři provádět na podporu podnikových procesů (hlavních i podpůrných). [9]

Je obtížné představit si podnik v dnešní době, který není schopen pružně reagovat na měnící se trh, takový podnik nemůže obstát dlouho na trhu. Jedním z klíčů k úspěchu je pružná výrobní technologie a pevná podniková organizace, která poskytuje správné informace ve správném čase a správnému uživateli. Správné informace napomáhají zvýšit nejen hodnotu výrobku, ale stávají se v podstatě součástí produktů. [13]

2.3.2 Pojmy „systém“, „model“ a „modelování“

2.3.2.1 Systém

Slovo systém je hojně používáno v mnoha oborech a významech, lze tento pojem definovat následující způsobem: „*Systém – je objekt se vstupními a výstupními signály svázanými přes svoje vnitřní stavy pomocí obyčejných diferenciálních nebo diferenčních rovnic*“. [13]

Systém můžeme dále dělit podle různých kritérií, podle času:

- Statické - systémy, které nemění stav v čase
- Dynamické – systémy, kdy čas se nezanedbává a je chápán jako „newtonovsky“ (dvě události v systému současně nebo jedna nastala dříve než druhá – pokladna v samoobsluze). Toto chápání času se používá ve většině oborů a simulace se zabývá pouze dynamickými systémy.
- Reálné – již existující systémy – supermarket, výroba ...
- Nereálné – neexistující systémy – plánované systémy, počítačové hry ...

Prvky systému mohou odpovídat komponentům, které na věci poznáváme:

- Logický – schopnost dané věci či její složky vysvětlit.
- Fyzický – sleduje prostorové složky daného prvku [13]

V dynamickém systému se může počet prvků během jeho existence měnit, systém se může smršťovat nebo růst, ale nejčastěji se mluví o tom, že prvky mohou do systému „vstoupit“ a „opouštět“, těmto prvkům se říká *transakce*.

Prvky do systému přicházejí z okolí a systému opouštějí, prvky v systému mají své vlastnosti – tzv. atributy, ty se přiřazují prvkům nějaké hodnoty. Vlastnost prvků v dynamickém systému se může měnit v čase. [13]

2.3.2.2 Model

Model lze představit jako koncepci nebo účelově zjednodušený pohled na zkoumaný objekt. Výsledek definice systému na nějakém konkrétním objektu se nazývá model. Při definování a navrhování modelu jsou striktně dodržena všechna pravidla, ať se jedná o systémové zobrazení nebo úmysly na zjednodušení zkoumaného objektu a jeho okolí.

Definici modelu také lze pochopit jako dvě související analogie, první je *modelovaný systém*, který odpovídají zkoumanému objektu. Ten druhý je *modelující systém*. Pro modelovaný systém neboli modelování se častěji používá termín *originál* v praxi a modelovací systém se nahrazuje termínem *model*. To dokazuje, že model není pouze jen definovaný systém nebo vymyšlený systém ale také zahrnuje pevnou vazbou na skutečnost = originál.

2.3.2.3 Modelování

Modelování je proces vytváření systémového modelu na základě osobních či expertních znalostí. Tento proces je obecně náročný a vyžaduje znalosti z více oborů. Kvalita vytvořeného modelu je hlavní příčinou, které ovlivňuje výsledky získané experimentováním s modelem.

Modelování lze stručně definovat takto: „*Podstatou modelování ve smyslu výzkumné techniky je náhrada zkoumaného systému jeho modelem (přesněji: systémem, kterého modeluje). Cílem je získat pomocí pokusů s modelem informaci o původním zkoumaném systému.*“ [13]

2.3.3 Modelování variability procesu

Podnikové procesy nejsou obvykle jen deterministické, obsahují různé prvky variability, nejčastěji jde o rozdílnou délku jejich trvání. Variabilitu lze pochopit takto: různá doba trvání výrobního procesu, jednou trvá 50 minut, podruhé je ukončen za 35 minut a potřetí za 42 minut. Podle vlastní zkušenosti víme, že nemůžeme ovlivnit dobu trvání telefonického hovoru se zákazníkem či dobu obsluhy zákazníku u pokladny apod. Někdy jde o náhodu nebo jen shodu okolností, jindy jde o požadavky zákazníků. [8]

Nejčastější chyby, kterých se dopouštějí manažeři při řízení variability procesu:

- Neberou v úvahu vliv variability na řízení procesů nebo tento vliv podceňují
- Variability jsou si vědomí, ale neuvědomují si, že výjimečné situace, vznikající mimo jiné v důsledku variability procesů, prověřují stávající organizaci podnikových procesů a jsou zdrojem potenciálních ztrát.
- Variabilitu si manažeři uvědomují, chápou její význam, ale nevědí, jak si v takových situacích poradit. [8]

a) Generování náhodných čísel

Náhodná čísla definujeme jako nezávislé hodnoty rovnoměrně rozdělené na otevřeném intervalu $R(0,1)$, v anglické literatuře se označuje $U(0,1)$, které pochází ze slova *Uniform*. Rovnoměrné rozdělení je sice nejjednodušším spojitým rozdělením, přesto je velmi důležité, neboť se využívá pro generování hodnot ostatních rozdělení. [8]

Nejvíce známé generátory náhodných čísel jsou *mechanické generátory*, kterých se využívá při házení kostkou, ve sportovním utkání nebo ve známé sázkové hře podniku SAZKA. Nejpoužívanějšími generátory pro účely počítačové simulace jsou *aritmetické generátory*. Náhodná čísla se získávají pomocí aritmetické operace, kdy se vypočítá z přechozího čísla, takto získané číslo lze označit pouze za *pseudonáhodná čísla*. V současnosti se pro generování náhodných čísel používají *lineární kongruenční generátory* vyvinuté v roce 1951 D. H. Lehmerem. Zde jsou tři základní varianty: [8]

- Smíšený lineární kongruenční generátor

$$x_{n+1} = (ax_n + c)(\text{mod } m)$$

- Multiplikativní kongruenční generátor

$$x_{n+1} = ax_n (\text{mod } m)$$

- Aditivní lineární kongruenční generátor

$$x_{n+1} = ax_n + x_n - 1 (\text{mod } m)$$

b) Testování náhodných čísel

Pro kontrolu, zda generátor skutečně poskytuje posloupnosti náhodných (pseudonáhodných) čísel, se používají **empirické testy** (hodnotí vlastnosti generované

posloupnosti pomocí statistických testů). Druhým způsobem jsou **testy teoretické**, vycházejí z teorie čísel, existují dva způsoby testování:

- Frekvenční test

Interval $(0,1)$ rozdělíme na k intervalům (intervaly nemusejí být stejné délky). Nulová hypotéza předpokládá shodu očekávaných a skutečných četností v jednotlivých intervalech přes χ^2 (chí-kvadrát) test. (Při překročení určené hladiny se nejedná o náhodná čísla.)

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(o_j - e_j)^2}{e_j}$$

- Poker test – vychází ze známé karetní hry. Testuje se četnost výskytu různých číslic ve vygenerovaných náhodných číslech. Vloží se to tzv. tabulky, kde jsou varianty a pravděpodobnostní shody. Pro testování shody empirických a očekávaných četností lze využít tento způsob testování. [8]

c) *Metoda generování náhodných veličin*

Předtím, než pokročíme dále, si nejdříve zopakujeme základní pojmy z teorie pravděpodobnosti:

- Náhodný pokus je pokus, který může být opakován a jehož výsledek není znám předem. Náhodným pokusem je například tah sportky nebo hod kostkou
- Náhodná veličina je veličina, jejíž hodnota je dána výsledkem náhodného pokusu
- Hustota pravděpodobnosti spojitě náhodné veličiny je funkce, pro níž platí

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx}. \text{ Pro všechna reálná } x \text{ je } f(x) \geq 0 \text{ a } \int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1$$

- Diskrétní náhodnou veličinu lze popsat **pravděpodobnostní funkcí**: $f(x_i) = P(X = x_i)$. Pro všechna x_i platí $f(x_i) \geq 0$ a celkový součet $f(x_i)$ je roven jedné.
- Střední hodnota $E(x)$ je charakteristikou polohy.
- Rozptyl $D(x)$ je střední hodnota čtverců odchylek hodnot náhodné veličiny od její střední hodnoty $E(x)$. Rozptyl charakterizuje variabilitu hodnot náhodné veličiny. Odmocninu z rozptylu nazýváme **směrodatnou odchylkou**. [8]

Generování hodnot náhodných veličin můžeme použít různé postupy, které samozřejmě závisejí na typu rozdělení. Existuje dvě hlavní rozdělení: [8]

- **Spojité rozdělení**

- **Exponenciální**

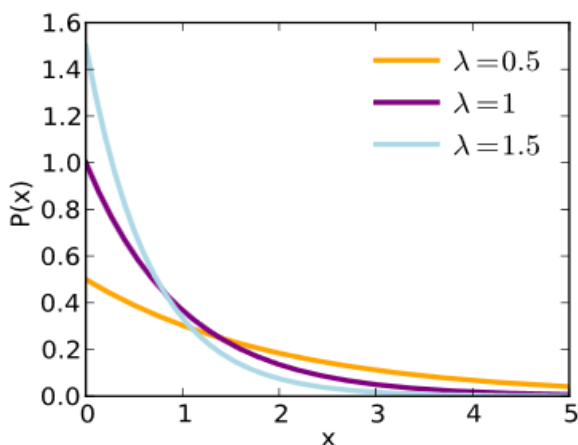
rozdělení – EXP (NEGEXP) – je

nejčastěji používaným rozdělením v simulaci.

Typické je jeho využití pro generování

intervalů po sobě následujícím

požadavků, délky trvání činností nebo simulaci výskytu poruch.



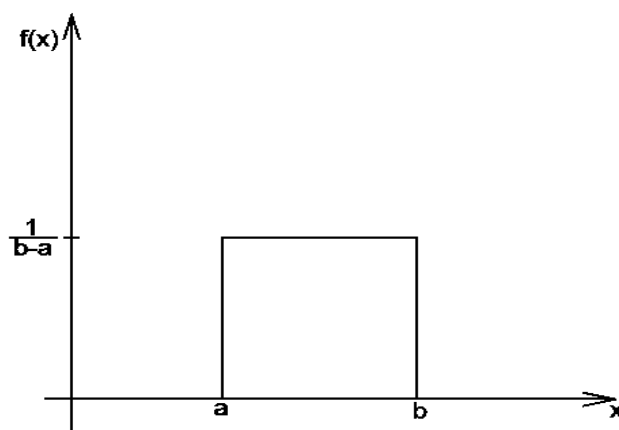
Obrázek č. 2.14: Exponenciální rozdělení [23]

Hustota pravděpodobnosti: $f(x) = \lambda \cdot e^{-\lambda x}$ pro $x > 0, \lambda > 0$

Distribuční funkce: $F(x) = 1 - e^{-\lambda x}$ pro $x > 0, \lambda > 0$

- **Rovnoměrné rozdělení – UNIFORM** – je vhodné pro zachycení délky trvání činností, má dva parametry, maximální hodnotu „a“ a minimální hodnotu „b“.

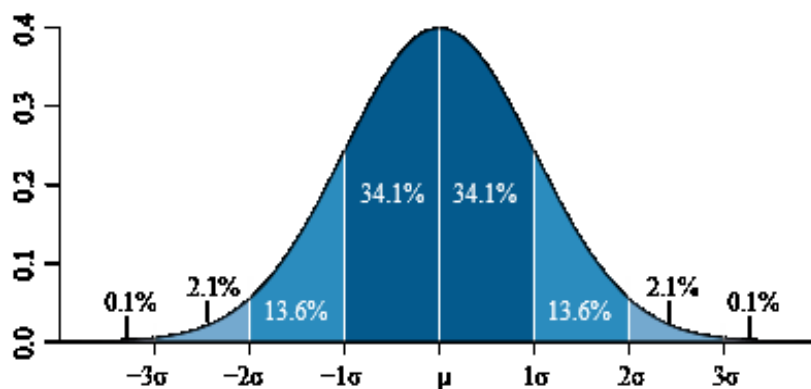
$$D(x) = \frac{(b-a)^2}{12}$$



Obrázek č. 2.15: Rovnoměrné rozdělení [23]

- **Normální rozdělení – NORMAL** – má typický „zvonovitý“ tvar, používá se pro zachycení chyby při fyzikálních měřeních a elektronických pozorováních.

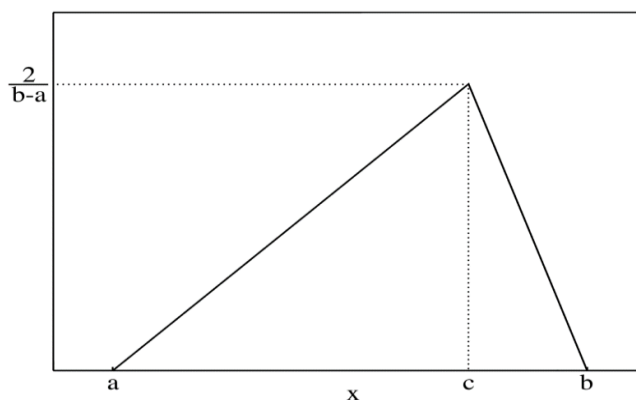
$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad \text{pro } -\infty < x < \infty$$



Obrázek č. 2.16: Normální rozdělení [23]

- **Trojúhelníkové rozdělení – TRIANGLE** – Náhodné veličiny, které by měly skutečně trojúhelníkové rozdělení, se vyskytují opravdu výjimečně. Používá se v situacích, kdy nejsou k dispozici konkrétní údaje, avšak víme alespoň, že nejčastěji veličina je „b“, maximální hodnota „a“ a minimální „c“.

$$D(x) = \frac{(a^2 + b^2 + c^2 - ab - ac - bc)}{18}$$

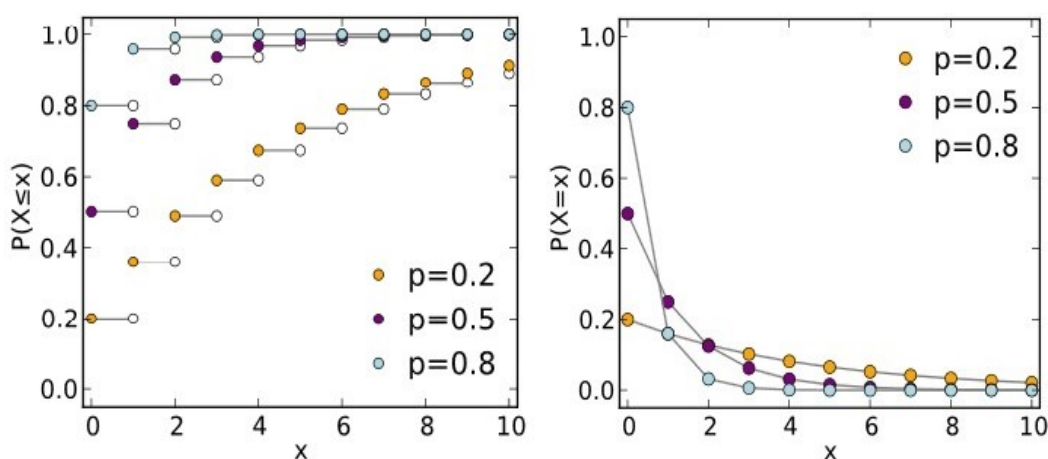


Obrázek č. 2.17: Trojúhelníkové rozdělení [23]

- **Diskrétní rozdělení**

- **Geometrické rozdělení** – náhodná veličina X popisuje rozdělení počtu nezávislých realizací náhodného pokusu, které mají za výsledek nastoupení jevu nepříznivého předtím, než nastane jev příznivý.

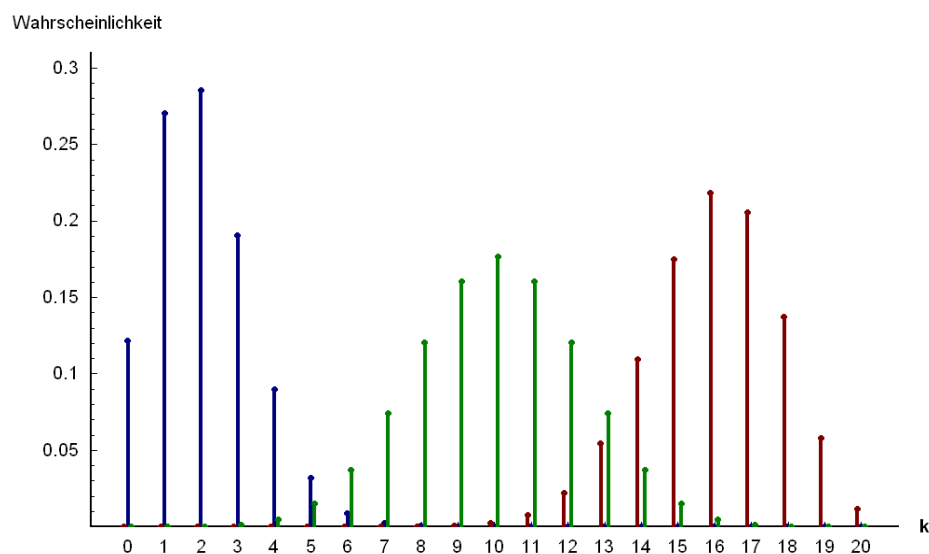
$$P(X = x) = pq^x = p(1 - p)^x \quad \text{pro } x = 0, 1, 2, \dots$$



Obrázek č. 2.18: Geometrické rozdělení [23]

- **Binomické rozdělení – BINOMIAL** – náhodná veličina X popisuje počet nastoupení jevu příznivého v „ n “ nezávislých realizacích náhodného pokusu.

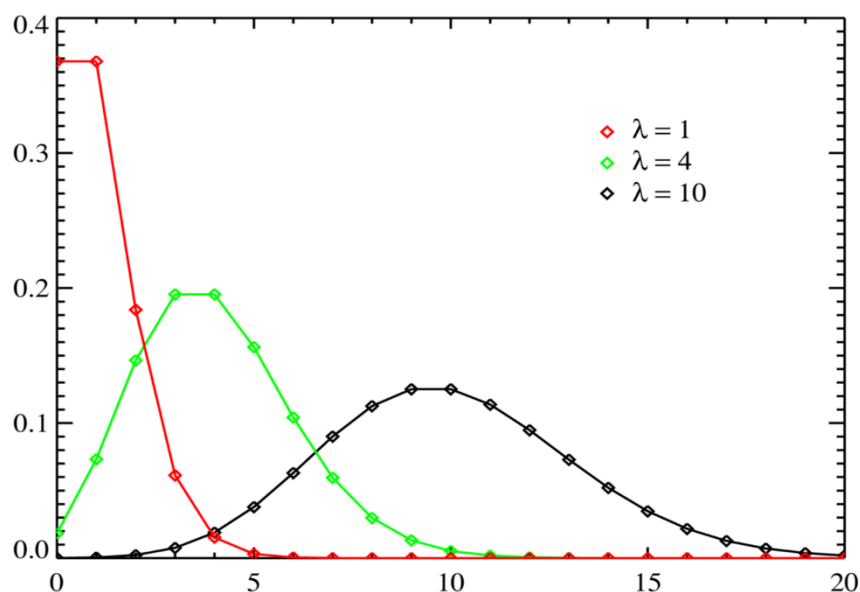
$$P[X = x] = \binom{n}{x} p^x (1 - p)^{n-x}$$



Obrázek č. 2.19: Binomické rozdělení [23]

- **Poissonovo rozdělení – POISSON** – rozdělení se používá pro generování počtu příchodů entit do systému, počtu vadných výrobků, počtu vad na jeden výrobek nebo počet přerušení provozu za danou časovou jednotku (minuta, hodina). Výstupem je střední hodnota.

$$P(X = x) = \frac{\lambda^x}{x!} e^{-\lambda}$$



Obrázek č. 2.20: Poissonovo rozdělení [23]

2.3.4 Simulace

Pochází z latinského „simulare“ nebo ze slova „simulant“ – tj. ten, kdo předstírá, napodobuje. Význam simulace je podobný – „imitovat“ nebo „napodobovat“. [8]

Počítačová simulace je moderním nástrojem pro analyzování komplikovaných výrobních zásobovacích, komunikačních, obslužných a jiných podnikových procesů. Simulace je metodou, která pomocí počítačového modelu napodobuje podnikové procesy tak, aby manažeři mohli předvídat chování systému při změně vnitřních či vnějších podmínek, optimalizovat podnikové procesy vzhledem k zadaným kritériím (náklady, zisk, spolehlivost) a porovnat je mezi sebou, navrhovat alternativy organizace studovaného procesu. [8]

Riziko chybných rozhodnutí je díky simulačnímu modelování sníženo na minimum, neboť chyba objevená již při experimentech s počítačovým modelem je vždy levnější než chyba, která je odhalena až při realizaci konkrétního, předem nezkoumaného návrhu řešení. [8]

Základní myšlenka simulace je jednoduchá: co nejpravděpodobněji napodobit chod poměrně složitého reálného podnikového systému pomocí počítačového modelu a poté při experimentování s modelem pozorovat chování systému. Možnosti využití simulace podnikového procesu jsou poměrně široké a různorodé, neboť komplikované podnikové procesy, které mají pravděpodobnostní a dynamické chování, jsou spíše pravidlem než výjimkou. Přitom procesy od určité úrovně složitosti jsou již zcela neuchopitelné alternativními postupy, jako například: teorie zásob, teorie hromadné obsluhy, matematické programování, řízení projektů. Existuje tvrzení, že u simulace je tomu naopak, protože čím složitější modelovaný systém je, tím výrazněji vyniknou přednosti simulace.[8]

Typické ukazatele, které poskytuje počítačová simulace: [8]

- Využití výrobních kapacit a zdrojů všech druhů v absolutních hodnotách a procentech (provoz, porucha, nečinnost).
- Minimální, průměrné a maximální doby trvání jednotlivých činností. Celková doba trvání procesu, cyklu
- Počet požadavků (výrobků, služeb, zakázek), které byly obslouženy systémem během simulace. Průměrný počet požadavků, které byly v daném okamžiku v systému.
- Počet neobsloužených požadavků, počet závad a reklamací. Statistiky poruchovosti a ztráty tím způsobené

Kromě souboru ukazatelů, které popisují výkonné charakteristiky systému, je třeba do výstupu simulace započítat též: [8]

- Získání dat, která byla nezbytná pro simulační model a která dosud nebyla v podniku sledována
- Detailní popis struktury podnikového procesu, který nemusel být před vytvořením modelu k dispozici

- Možnost vizualizace procesu, což samo o sobě může poskytnout nový náhled na studovaný proces
- Těžko měřitelný, ale důležitý proces „učení se“, který nastává u účastníků simulačního projektu během identifikace problémů, formulace cílů, tvorby a interpretace simulačního modelu.

2.3.4.1 Simulační projekty

„Simulační projekty, jejichž cílen je zlepšení podnikových procesů (vyšší produktivita, nižší náklady, vyšší spolehlivost), procházejí určitými, i když nikoliv pevně danými fázemi. Přeskočení nebo podcenění určité fáze projektu sice v některých případech opravdu může ušetřit čas a peníze, častějším výsledkem však bude celkové zdržení projektu a vyšší náklady. Následující dělení projektu na fáze může sloužit jako rozumný soubor doporučení pro realizaci úspěšného simulačního projektu.“ (Dlouhý, 2007, s. 11)

FÁZE 1: Rozpoznání problému a stanovení cílů

Správná formulace problému je pro úspěšnost projektu zásadním krokem. Je běžné, že ani dobří manažeři nejsou schopni ihned formulovat, v čem spočívá příčina problémů, jak přistoupit k řešení problému a jaké realistické cíle si vytýčit. Výroky typu „náš podnik je ztrátový“, „nejsme schopni dodržet smluvené termíny“ nebo „chci zlepšit efektivnost nemocnice“ jsou značně nekonkrétní a nejsou správnou formulací řešitelného problému. V této fázi je klíčová schůzka klienta s řešitelským týmem, na které dojde:

- Ke shodě ohledně vymezení problému a stanovení dosažitelných cílů (např. problémem je nedostatečná kapacita skladu, cílem je optimalizace skladovacích procesů, přičemž zlepšení procesu v rozmezí 10 až 15% je již dostatečné k řešení situace)
- K rozhodnutí, zda bude projekt realizován a je-li simulace vhodnou metodou
- K dohodě o tom, kdo bude za projekt odpovědný a jak bude probíhat komunikace mezi klientem a řešitelským týmem. [8]

FÁZE 2: Vytvoření konceptuálního modelu

Před začátkem tvorby počítačového modelu v simulačním programu je třeba si vytvořit určitou základní představu o modelovaném systému, tzv. *konceptuální model*. Bez promyšleného konceptuálního modelu se řešitelskému týmu sotva podaří vytvořit smysluplný počítačový model složitého systému. K tomu slouží následující otázky:

- Jaký podnikový systém modelujeme? Kdo jsou zákazníci systému?
- Podle jakých kritérií je hodnocena efektivnost systému?
- Jak podrobná úroveň modelování je nutná?
- Jaké objekty, činnosti a zdroje modelovaný systém zahrnuje?
- Jak požadavky vstupují do systému? Jaká jsou pravidla při obsluze požadavků?
- Jakým způsobem se přidělují omezené zdroje jednotlivým procesům?

FÁZE 3: Sběr dat

Simulace je datově náročnou metodou a problém nastává, když požadovaná data nejsou k dispozici. Model je možné vytvořit i bez dat, jsou-li k dispozici rozumné předpoklady o charakteru modelovaných procesů (názory expertů, analogie s podobnými procesy). Musíme si však dát pozor i v situaci, kdy data k dispozici jsou: jak byla data získána, lze data pokládat za vypovídající? Pokud je model vytvářen tzv. „bez dat“, je potřeba se spolehnout na reálnost expertních odhadů od pracovníků, kteří mají s danou činností nejvíce zkušeností.

FÁZE 4: Tvorba simulačního modelu

Tvorba modelu v simulačním programu znamená „zakódování“ konceptuálního modelu z fáze 2. Systém, který obsahuje neobvyklé charakteristiky, je zkouškou programátorského umu. Ve výjimečných případech může řešitelský tým při tvorbě simulačního modelu zjistit, že zvolený simulační program není pro daný projekt vhodný. Tvorba počítačového modelu je první kontrolou konceptuálního modelu, neboť nekompromisní přesnost počítačové logiky odhalí to, co bylo přehlédnuto při tvorbě konceptuálního modelu.

FÁZE 5: Verifikace a validace modelu

Verifikací modelu rozumíme ověření toho, zda vytvořený počítačový model je v souladu s původním konceptuálním modelem. Jde o kontrolu správného přepisu

představy řešitelského týmu o fungování reálného systému do simulačního programu. *Validaci* chápeme ověření toho, zda počítačový model je ve shodě s realitou. Ověřujeme, jestli představa o fungování reálného systému byla správná. Pokud vytváříme model existujícího systému, je nejjednodušším způsobem kontroly srovnání výstupů modelu s reálnými daty. Neočekávejme úplnou shodu modelu a reality, neboť model vždy zůstane zjednodušením reality. Z určitého pohledu se doporučuje vyvarovat se modelování přehnaných detailů, protože takový přístup odvádí pozornost od principiálních vlastností systému a komplikuje případné pozdější změny modelu.

FÁZE 6: Provedení experimentů a analýza výsledků

Pro řešitelský tým je tato fáze nejzajímavější částí projektu, neboť práce vložená do předešlých fází začíná přinášet výsledky. Plán experimentů a statická analýza výsledků je samozřejmou součástí projektu, kromě toho může být přínosné uspořádat volnější diskusi nad chodem modelu za účasti řešitelského týmu a klienta. Doporučuje se připravit různé varianty, nejen prezentovat variantu nejlepší podle řešitelského týmu. Klient má mít možnost výběru.

FÁZE 7: Dokumentace modelu

Základní chybou mnoha začátečníků je naprosté podcenění dokumentace projektu. Bez popisu struktury modelu, vývoje modelu a výsledků experimentů je prakticky nemožné se k modelu později vrátit nebo použít části modelu v budoucích aplikacích

FÁZE 8: Implementace

Analýzou výsledků a dokumentací simulační projekt pro řešitelský tým nekončí, řešitelský tým by měl být vtažen do implementace projektu do praxe. Ponechávat implementaci zcela na uživateli snižuje pravděpodobnost úspěchu projektu. Navíc to znamená, že v případě neúspěšné implementace se zklamaný klient nevrátí. [8]

Tuto fázi lze zjednodušeně promítnout do vývojového diagramu pro lepší pochopení jeho funkčnosti. (viz příloha č. 1)

Dodržení určitých principů při organizaci práce na projektu zvyšuje pravděpodobnost úspěchu, zvyšuje efektivitu práce a snižuje riziko zbytečných stresových situací.[8]

Následující příklad dokáže, že simulace je velice užitečná a zábavná:

Simulace odhalila tajemství bublin v pivu!!

„Počítačový model umožnil odhalit tajemství jevu poutajícího pozornost návštěvníků po celá staletí: proč bubliny ve sklenici piva Guinness klesají, namísto aby stoupaly? Bez ohledu na známou skutečnost, že bubliny v kapalině vyplouvají k hladině, jsou pijáci piva svědky toho, že značná část bublin v pivu se ve skutečnosti pohybuje kde dnu sklenice. Profesor Clive Fletcher a jeho studenti z University od New South Wales v Sydney použili k objasnění tajemství bublin nejnovější simulační metody – modelovali pohyby bublin pomocí programu pro modelování dynamiky tekutin FLUENT. Pomocí počítačové simulace lze graficky znázornit rychlost proudění, tlak, teplotu a koncentraci látek v libovolném bodě v tekutině, a lépe tak porozumět problémům souvisejícím s prouděním. Výzkumníci podle očekávání zjistili, že většina bublin se skutečně pohybuje směrem vzhůru. Bubliny uprostřed sklenice, neovlivňované blízkostí stěn, ovšem stoupají rychleji a strhávají s sebou kapalinu. Kapalina stoupající středem sklenice musí ale po dosažení hladiny někam odtékat, což činí, a to směrem ke stěnám a podle stěn zpět dolů ke dnu sklenice. A při pohybu dolů se snaží s sebou unášet bubliny. Větší bubliny s dostatečným vztlakem odolají, ale ty malinké (o průměru menším než asi 0,05 mm) jsou nepřetržitě strhávány ke dnu. Jde o zajímavý příklad toho, jak nám počítačové modely pomáhají lépe porozumět okolnímu světu.“ (Dlouhý, 2007, s. 14)

2.3.5 Simulační programy

Simulační programy se stávají pro uživatele čím dál přívětivějšími a programování je do maximální míry nahrazováno operacemi s předem definovanými objekty v uživatelském přátelském grafickém prostředí, které dnes už je samozřejmostí s animacemi simulovaného systému a grafickými výstupy. [8]

Nejznámější simulační programy:

SIMULLA – je první objektově orientovaným jazykem vůbec, který byl představen v roce 1967.

PROMODEL – od firmy PROMODEL Corporation je simulačním produktem pro diskrétní simulaci, který je určen k hodnocení, plánování a projektování výrobních, skladovacích a logistických systémů.

ARENA – produkt firmy Rockwell Automation (původně byl vyvinut firmou Systém Modelling Corporation). ARENA je obecným simulačním jazykem pro

průmyslové aplikace a business proces reengineering, který je součástí integrované rodiny produktů ARENA pro manažerské rozhodování a kontinuální zlepšování kvality.

MEDMODEL – je aplikační simulační produkt pro simulace ve zdravotnictví od firmy PROMODEL Corporation. MEDMODEL umožňuje poskytovatelům zdravotnických služeb a zdravotním pojišťovnám plánovat kapacity, analýzu na pacienta orientované péče, plánování personálu, plánování zdrojů, design ordinací a prostorů, plánování technického vybavení, plánování pohotovostní služeb a hledání cest ke snižování nákladů.

SIMPROCESS – produkt firmy CACI Products Company, byl představován jako hierarchický a integrovaný nástroj pro simulaci podnikových procesů. V sobě integruje mapování procesů (process mapping), diskrétní simulaci a activity-based costing.

SIMUL8 – je produkt od firmy se stejným jménem SIMUL8 Corporation. Je simulačním programem určeným především pro modelování podnikových procesů. SIMUL8 umožňuje vytvořit vizuální model zkoumaného systému a nabízí uživateli animaci běhu modelu jako významný nástroj pro kontrolu správnosti modelu, ale i pro prezentaci analýzy systému. [8]

WITNESS – nástroj software pro simulaci a optimalizaci výrobních, obslužných a logistických systémů britské společnost Lanner Group Ltd. Využívá se hlavně v oblasti produktů pro interaktivní simulaci systémů diskrétních událostí, které jsou postaveny na organizaci fyzických a logických elementů, jejich významné konfiguraci na časové ose. Přínos produktu WITNESS spočívá v:

- Možnosti zlepšení organizace týmové práce pomocí simulačního modelu,
- Sestavení a testování modelu pro malé úseky, které značně zjednodušují stavbu modelu, poskytují možnost identifikace logických chyb a vytvoření modelu spolehlivěji popisujícího reálnost situace,
- Možnosti změny modelu v průběhu simulace.

V současnosti se po celém světě používá systém WITNESS ve společnostech s rozsahem od výrobního podniku až po banky a letiště. Systém zahrnuje:

- Hodnocení kapitálových produktů,
- Pravidelný běh modelů pro testování výrobních programů,
- Hodnocení alternativních návrhů,
- Zdokonalení existujících zařízení,
- Změnu managementu.[17]

Současnou distribuci software WITNESS v České republice umožňuje od 1. 7. 2011 společnost DYNAMIC FUTURE s.r.o., a současnou nejnovější verzí tohoto programu je WITNESS 12. S WITNESS 12 je modelování rychlejší a intuitivnější než předtím.

Klíčové vlastnosti:

- Výkonné knihovny prvků a rozsáhlé možnosti nastavení
- Výkonné modulární modelování – profesionální schopnost záznamu velkého měřítka modelu výroby. Obsahuje hierarchie a dědičnosti, které umožňují uživatelům vytvářet moduly, volně je klonovat, manipulovat s nimi a opětovně používat v rámci modelu.
- Komplexní výstupy a experimentování
- Podpora financování a udržitelnosti
- 3D simulace
- Optimalizace procesů
- Připojení – podporuje importy CAD a XML a zahrnuje možnosti svázání s širokou škálou platforem.[18]

Existuje řada nadstaveb tohoto simulačního programu, které je možné zakoupit spolu se základní verzí jako balíček nebo k softwaru dokoupit zvlášť (viz příloha č. 2). Doposud firma Lanner Group vyvinula tato rozšíření:

Presentation Manager – prostředí sloužící pro přehlednou prezentaci klíčových indikátorů výkonnosti procesu během simulace

Scenario Manager – modul pro návrh experimentů umožňujících definici různých variant procesu a jejich tabulkové, grafické a statistické vyhodnocení.

Witness VR – 3D grafika umožňující práci s reálnými rozměry prvků sledovaných systémů. Nabízí možnost práce s 3D prvky vytvořenými v různých CAD a VR aplikacích.

Optimizer – optimalizační modul navržený s cílem minimalizovat čas a úsilí vynaložené při experimentování s modelem. S použitím moderních optimalizačních metod je možné v uživatelském prostředí rychle najít optimální parametry sledovaného systému.

Witness VISIO – aplikace pro simulaci procesů modelovaných v prostředí programu Microsoft VISIO

Documentor – modul určený k vytváření přehledné dokumentace simulačních modelů.

Witness Server – Umožňuje vytváření aplikací, které spouštějí simulační modely na centrálním serveru, výsledky simulace jsou k dispozici klientům v rámci počítačové sítě. Součástí modulu jsou nástroje pro ovládání simulace v prostředí programu Excel a prostřednictvím WWW rozhraní.

L-Sim – aplikace pro simulaci procesů implementovaná jako komponenta jazyka Java.[19]

V rámci mé práce je k dispozici na simulaci WITNESS 12, školní licence (viz příloha č. 3).

3 ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO STAVU PRŮBĚHU PODNIKOVÝCH PROCESŮ

Kvůli návaznosti a propojení jednotlivých celků kapitoly považuji za vhodné nejprve podat několik základní informací o podniku „N“. Následně se budeme věnovat analýze současné situace a části výrobního procesu, které následně pak budu simulovat.

3.1 Charakteristika podniku.

Jedná se o malou restauraci s kapacitou 25 až 30 míst (v létě je rozšířená o terasu cca. 10 až 15 míst). Restaurace je v provozu od roku 2001, leží na hlavní třídě v centru města Havířov, je poblíž nákupní středisko a je dostupná všemi dopravními prostředky.

Restaurace nabízí české a asijské menu, jak hotová jídla, tak i suroviny pro jejich výrobu. Současně zaměstnává 8 zaměstnanců, tři jsou na obsluhu a zbylí čtyři jsou v kuchyni.

Restaurace se řídí jedním heslem: „Náš zákazník, náš pán“, a proto se každý snaží podle toho pracovat.

3.2 Současná situace podniku.

V téhle části se budu zabývat SWOT analýzou podniku a budu směřovat k problematice mé práce.

a. zákazníci

Zákaznickou skupinu tvoří hlavně lidé z okolí sídliště blízko centra, zaměstnanci okolních firem a dělníci pracující na okolních stavbách.

b. SWOT analýza

Jelikož není hlavním cílem mé práce provést SWOT analýzu podniku, takže zde stručně podle vlastní informace zpracuji jednoduchou verzi, abychom lépe porozuměli situaci.

<p>Silné stránky – Strengths</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dlouhodobá zkušenost • Dobrá známost • Místo sídlení • Nízká fluktuace zaměstnanců • Dobrá odezva ze strany zákazníka 	<p>Slabé stránky – Weaknesses</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pronajaté prostory • Monotónní nabídka • Ztrácí na popularitu
<p>Příležitosti – Opportunities</p> <ul style="list-style-type: none"> • Noví zákazníci • Zvyšování kvalifikace zaměstnanců • Nový, lepší vzhled a vybavení podniku • Nová nabídka stravy • Možnost zapojit dalších služby (donáška stravy) 	<p>Hrozby – Threats</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nespokojenost zákazníka • Nespokojenost zaměstnanců • Nedostatečný obrat

Tabulka č. 1: SWOT analýza firma „N“

(Zdroj: Vlastní zpracování)

Slovní zhodnocení:

➤ Silné stránky podniku:

Mezi silné stránky firmy lze jistě zařadit dlouhodobou zkušenost a dobrou známost v dané lokalitě. Nesmí se zapomenout na dobrou odezvu ze strany zákazníků, protože spokojený zákazník se vrací, také důležitá je nízká fluktuace zaměstnanců, jde o malý podnik a vztah mezi majitelem a zaměstnanci je jako v rodině.

➤ Slabé stránky podniku:

Za slabou stránku můžeme považovat pronajaté prostory a vnitřní design podniku, i když je udržován pečlivě, ale čas nelze zastavit, všechno jednou zestárne, chce to inovaci. Také je zde monotónní nabídka stravy, potřebuje se zapracovat na managementu v podniku, vymyslet nové menu nebo kombinace nabídek, aby nebyla každý den stejná.

➤ Příležitosti:

Příležitost lze brát jako samozřejmosti každého podniku, lze je investovat do inovace přístrojů, nové nabídky stravy, noví zákazníci. Také kvalifikace zaměstnanců, jedná se o školení hlavního kuchaře, nová znalost napomáhá k inspiraci, vytvoření nového menu.

➤ Hrozby podniku:

Hrozbou podniku je zejména nízký obrát způsobený buď malou poptávkou, nebo ztrátou zákazníka. Stejně jako nespokojenost u zaměstnanců, spokojený zaměstnanec vždy vykoná lepší práci.

4 NÁVRH MODELU VYBRANÉHO PROCESU A JEHO SIMULACE

K mé práci jsem si vybral výrobní proces restaurace, jedná se o proces přijímání objednávek, následně k jejich zpracování a zpětně k zákazníkovi. Celkový prostor restaurace můžete si prohlédnout zde - příloha č. 4. – Návrh modelu podniku (zdroj: Vlastní zpracování)

4.1 Proces výroby

Podnik zahajuje svou každodenní činnost v 9h ráno a zavírá v 18h odpoledne. Současná kapacita podniku během jednoho dne je mezi 80 až 120 jídly za 10 hodin.

Výrobní proces podniku lze stručně seskupit do čtyř fází:

- Fáze 1 – Příjem objednávek
- Fáze 2 – Třídění objednávek a před přípravu jídel
- Fáze 3 – Příprava a dokončení
- Fáze 4 – Poslední kontrola a výdej stravy

Fáze 1:

V první fázi obsluhují zde 3 zaměstnanci na třech pozicích:

- Výčepní pult (čepuje zde třeba pivo a kofolu)
- Přijímání objednávek, jedná se o místo, kde zákazník svoji objednávku vybírá dle existujícího seznamu, také lze zde vybrat další suroviny a sladkosti (který nejsou zahrnuty do simulace)
- Pokladna, zde se platí za objednávky, ať už to jsou samotné nápoje, jídlo nebo kombinace obojího.

Na každém pracovišti obsluhuje jeden ze třech zaměstnanců, kteří mají směnu u pokladny (platí v době, kdy všichni zaměstnanci jsou přítomní). Každý ze zaměstnanců má stejnou časovou směnu a mohou se sami domluvit, kdo bude na jaké směně.

Fáze 2:

U téhle části procesu obsluhují tři zaměstnanci (pojmenujeme jako S, V, T), jejich směna začíná od 7h ráno a končí v 18 h odpoledne. Příprava probíhá nepřetržitě celou směnu kvůli čerstvosti jídla. Suroviny, které lze připravit předem a jejich použití trvá celý den, může se připravovat předem a uložit do lednice poblíž hlavního kuchaře (v simulaci není zobrazen skladový prostor, protože to nepatří do hlavního cíle mé bakalářské práce). Stejně tak, může se předvařit nějaké jídlo předem, aby se urychlila konečná příprava.

Fáze 3:

U přípravy jídel obsluhuje jeden kuchař (pojmenujeme jako L), příprava a dokončení trvá průměrně od 3 do 5 minut/ jídlo. Příprava náročnější objednávky trvá zhruba 7-8 minut/jídlo. Při špičce, kvůli zrychlení a efektivnější přípravě přistoupí k obsluze zaměstnanec z Fáze 2 (zaměstnanec T) na pomoc hlavnímu kuchaři. Čas, kdy zaměstnanec je nepřítomen (z hygienického důvodu) lze považovat za čas opravy. Pauza trvá od 14h do 15h, zaměstnanci se střídají v tomto čase.

Fáze 4:

U poslední kontroly obsluhuje jeden zaměstnanec, jeho úkolem je kontrolovat, zda zhotovené jídlo souhlasí s objednávkou od zákazníka. Při objednávce více než jednoho jídla se čeká, než se dokončí všechno objednávané jídlo v objednávce, a pak putuje k pokladně na balení a výdej k zákazníkovi. Doba kontroly v simulaci je zahrnutá včetně doby odeslání objednávek k zákazníkovi.

4.2 Konceptuální model a tvorbu simulačního modelu

Před samotnou simulací procesu je vhodné navrhnout konceptuální model procesu, u kterého chceme provést simulaci. V mém případě budu simulovat výrobní proces podle čtyř fází z výše uvedených, kde jsem navrhoval konceptuální model výrobního procesu podniku N, viz příloha č. 5 – Konceptuální model (zdroj: Vlastní zpracování)

Postup vytváření modelu

- **Směna (shift)**
 - **Shift_5_day_week**
 - **Shift_Smen_0**

Směny provozu podniku probíhá od pondělí do pátku, v sobotu je zvláštní pracovní den. Směny budou v simulaci zobrazeny jako „subshift“. V neděli je zavřeno. Tento rozvrh směn se vztahuje na zaměstnance, kteří pracují v kuchyni.

Period	Working time	Rest time
1	0	420
2	120	30
3	270	60
4	180	360

Tabulka č. 2: Směny pro zaměstnance v kuchyni

(zdroj: vlastní zpracování)

▪ **Shift_Smen_1**

Následující směna je určena pro zaměstnance obsluhující u pokladny.

Period	Working time	Rest time
1	0	480
2	180	15
3	165	600

Tabulka č. 3: Směna pro zaměstnance u pokladny

(zdroj: vlastní zpracování)

Zaměstnanci u pokladny pracují podle směny v pracovní smlouvě, zaměstnanec svoji práci začíná v 8h ráno a končí v 16h odpoledne. Doba kdy nepracují, je označena jako volný čas (rest time).

▪ **Shift_Smen_2**

Period	Working time	Rest time
1	0	600
2	180	15
3	165	480

Tabulka č. 4: Směna pro zaměstnance u pokladny

(zdroj: vlastní zpracování)

- **Shift_Smen_3**

Period	Working time	Rest time
1	0	720
2	180	15
3	165	360

Tabulka č. 5: Směna pro zaměstnance u pokladny

(zdroj: vlastní zpracování)

- **Shift_Saturday_weeken**

Provoz probíhá kontinuálně 5 dní v týdnu a v sobotu se taky pracuje, jenže s trochu jinou pracovní dobou. Zde jsou směny pro sobotní provoz, jediný rozdíl je, že v sobotu pracuje jen pět ze sedmi zaměstnanců.

- **Shift_Smen_0**

Směnu platí pro všechny, kteří obsluhují vřadu v kuchyni.

Period	Working time	Rest time
1	0	480
2	120	30
3	270	60
4	60	420

Tabulka č. 6: Sobotní směn pro zaměstnance v kuchyni

(zdroj: vlastní zpracování)

▪ **Shift_Smen_1**

Period	Working time	Rest time
1	0	480
2	180	15
3	165	600

Tabulka č. 7: Sobotní směn pro zaměstnance u pokladny

(zdroj: vlastní zpracování)

▪ **Shift_Smen_2**

Period	Working time	Rest time
1	0	600
2	180	15
3	165	480

Tabulka č. 8: Sobotní směny pro zaměstnance u pokladny

(zdroj: vlastní zpracování)

• **Pracovník (labor)**

Hned po směnách nastavíme pracovní sílu. V mém případě se jedná o osm zaměstnanců, vykonávají dané operace na jednotlivých pracovištích. Každý z nich je pojmenován jinak a přidělen k pracovní směně.

- L_Obs – Obsluha v přední části restaurace, zde jsou tři zaměstnanci, kteří mají danou směnu, ale mohou se střídat dle vlastní domluvy mezi sebou, a proto, zde stačí nastavit „Quantity“ v „Detail Labor“ na 3 místo 1. V části SHIFT zvolíme „Week_7Days_Obs“, je to směna na celý týden, kterou jsem již předem podle tabulek jejich směny z předchozí části dosadil do simulace.

- L_S, L_V, L_T, L_L, Inspect – jsou zaměstnanci v kuchyňské části restaurace, každý je definován a pojmenován zvlášť („Quantity = 1“), protože v další části práce je zařazen na pracoviště zvlášť. Na druhou stranu všichni mají stejnou pracovní směnu, což je: „Week_7Days_Cook“.

- **Součást (part)**

Součásti přicházejí do daného modelu. Mohou reprezentovat fyzické součástky a výrobky, dokumenty obíhající ve velké firmě. V mém případě reprezentuje druh objednávek, které chce zákazník objednávat. Zde se uplatňuje pravidlo FIFO (First In First Out).

- pití

S modrou barvou, reprezentují zákazníci, kteří si koupí jenom pití a odejdou. Po sledování jsem zjistil, že průměrný počet zákazníků objednávajících pití na hodinu je 7.1. V mé práci pro příchod zákazníků do simulace používám normálního rozdělení: $NORMAL(7.1, 2.0, 47, 1)$ – kde 7.1 je průměrný počet zákazníků, 2.0 je průměrná odchylka v normálním rozdělení je ± 2 pro 95% shody, na předposledním místě je „stream“ a na posledním místě je číslo „Substream“. Jsou to čísla, které představují proud v simulaci, nejsou povinně částí nastavení distribuce, ale pro přehlednost je nastavím. Zde nezahrnují opakovaný nákup pití, započítává se jen příchod.

- jídlo

Se zelenou barvou, reprezentují zákazníci, kteří si objednávají jen jídlo, buď zůstanou v restauraci, nebo většinou odnesou své objednávky s sebou. Průměrný počet zákazníků objednávajících jen jídlo za hodinu je 7.9. Normální rozdělení je: $NORMAL(7.9, 2.0, 47, 2)$

- pití_a_jídlo

Pití a jídlo je součástí v červené barvě, reprezentují zákazníci, kteří při objednávce jídel si navíc objednají pití, ti většinou sedí a konzumují přímo v restauraci. Při průměrném počtu příchodu za hodinu 4.4 normální rozdělení je: $NORMAL(4.4, 1.4, 47, 5)$. Zde je malá změna v odchylce při nastavení normální distribuce, při normálním nastavení

odchylky ± 2 simulace hlásí chybu „záporného vstupu“. Po zkoumání došel jsem k závěru, že na místo ± 2 jsem nastavil odchylku na ± 1.4 .

- **Stroje (machine)**

Elementy v simulaci jsou schopny reprezentovat cokoliv, co někde odebírá součásti, zpracovává je a předává dál. Vrtačka, řezačka, lisování ale také telefonistka, dokonce lze celý výrobní závod reprezentovat jedním strojem. Stroje v mé práci jsem používal jako čepování nápojů, pokladnu, kuchyni a výdej.

- Pítí (M_piti)

Stroj	Typ	Input/From	Duration	Output/To
Machine	Type	From	Cycle Time	To
M_piti	Single	PULL from fronta	NegExp (3.5,5)	PUSH to M_pokladna
			Labor Rule	
			L_Obs#1	

Tabulka č. 9: Nastavení stroj M_piti

(Zdroj: vlastní zpracování)

Stroj M_piti je typu „single“, protože vstupuje do stroje jen jeden a taky jeden z něj vychází. Vstupní pravidlo (Input) je nastaveno tak, aby odebralo všechno, co je ve frontě, operační čas (cycle time) je čas, který trvá na obsluhu jednoho zákazníka, nastavil jsem podle záporně exponenciálního rozdělení (doba trvání je zhruba 3.5 minut a proudové číslo „stream“ je 5). Zde obsluhuje vždy jeden ze tří zaměstnanců. Výstupní pravidlo je nastaven tak, aby vše po vyřízení putovalo k pokladně.

Description	Mode	Time Between Failures	Labor Rule	Repair Time
Popis	Nastavení	Čas mezi poruchami	Pracovník	Doba opravy
WC	Busy Time	Poisson (120,12)	L_Obs	Triangle (10,15,30,13)
Vymena Piti		Poisson (180,14)	L_Obs	Triangle (10,15,30,15)

Tabulka č. 10: Nastavení Breakdowns u stroj M_piti

(zdroj: vlastní zpracování)

Následně nastavíme dobu poruchy (zde doba porucha představuje čas, kdy zaměstnanci musejí odskočit na WC nebo výměna nádrže na pití.). Čas mezi poruchami jsem použil Poissonovu distribuci, průměrná doba, kdy zaměstnanci si odskočí na WC, je 120 minut a doba výměny nádrže je 180 minut. Při poruše je vždy zaměstnáván jeden ze třech obslužných zaměstnanců. Doba opravy je nastavena pomocí trojúhelníkové distribuce, průměrná doba opravy trvá minimálně 10, středně 15 a maximálně 30 minut.

- Objednávka (M_obj)

Tento stroj je nastaven podobně, jediný rozdíl je při použití Poissonovy distribuce na operační dobu: POISSON (2,6), kde průměrná doba trvání jsou 2 minuty. Nastavení v breakdown zahrnuje jen dobu, kdy zaměstnanci odchází na WC, čas a distribuční metody jsou stejné jako u nastavení stroj M_piti.

- Pokladna (M_pokladna)

V této část simulace nastavíme podmínky tak, aby na výstupu stroj uvedl, jestli zákazník objednává jen pití => vystupuje ven jako počet pití zvlášť, jinak bude pokračovat v další části simulaci jako objednávka (viz. Tabulka č. 10.).

Machine	Duration	Output/To
Name	Cycle Time	To
M_pokladna	Uniform (1.5,4,19)	IF NParts2 (M_pokladna,piti,1) = 1 PUSH to SHIP ELSE PUSH to M_trid_obj ENDIF
	Labor Rule	
	L_Obs#1	
	Action On Finish	
	Obj_Piti = Obj_Piti + 1	

Tabulka č. 11: Nastavení stroje M_pokladna

(Zdroj: Vlastní zpracování)

Dobu trvání činnosti je nastavena pomocí rovnoměrného rozdělení, kde minimální doba trvání činnosti je 1.5 minuty a maximální doba je 4 minuty. Podmínka na výstupu je nastavena tak, že zkontroluje v pokladně, jestli pítí je rovno 1 (znamená, že jedine pítí), tak půjde ze simulace ven, jinak pokračuje do třídění objednávek. Zde pak nastavíme počítadlo, kde se zapisuje a sčítá každá vycházející objednávka pítí ze simulace.

Nastavení breakdowns, kdy zaměstnanci jsou nedostupní z důvodu odcházení na WC, je nastavena stejně jako u dvou předchozích strojů.

- Třídění objednávek (M_trid_obj)

Třídění objednávek má za úkol třídít objednávky dle stupně složitosti, jestli se jedná o jednoduché jídlo, tak půjde rovnou k vaření. Jinak půjde do přípravy a současně do fronty, z fronty pak jde na vaření (znamená, že jestli přijde složitá objednávka, kuchař současně připravuje na vaření s pomocníkem na přípravě, po přípravě putuje surovina rovnou na vaření, tím se zrychluje proces vaření. Jinak pokud příprava není dokončená, prodlužuje se celá doba vaření.) Zde obsluhují dva zaměstnanci (Inspect nebo L_S).

Machine	Type	Input/ From	Duration	Output/To
Stroj	Typ	Vstupní pravidlo	Cycle Time	Výstupní pravidlo
M_trid_obj	Production	PULL from M_pokladna	NegExp (1.5,25)	IF NParts (M_trid_obj) = 0 PUSH to M_cook ELSE IF NParts (M_trid_obj) = 1 PUSH to M_priprava ELSE PUSH to stock_obj ENDIF
			Labor Rule	
			Inspect OR L_S	

Tabulka č. 12: Nastavení stroje M_trid_obj

(Zdroj: Vlastní zpracování)

Typ stroje je nastaven na „production“, protože zde vstupuje jedna část, ale na výstupu vyjde několik částí současně. Doba trvání činnosti je nastavena pomocí negativně exponenciálního rozdělení na dobu 1.5 minut/objednávka.

Čas poruchy zde je nastaven podobně jako předchozích strojů, rozdíl je, kdo ze zaměstnanců bude obsluhovat při této poruše a čas na opravu. „Labor Rule“ zde bude „Inspect“ a čas na opravu je nastaven pomocí normálního rozdělení, minimální doba 10 minut a maximální doba je 25 minut - UNIFORM (10,25,23).

- Příprava (M_priprava)

Na vstupu do tohoto stroje je nastavena podmínka, když objednávka z fronty objednávek = 1 tak povolí vstup, jinak bude čekat na další (znamená to, že bude použita jen v případě, když se jedná o složitá jídla, jinak zde probíhá normální příprava surovin pro celý den.) Obsluhují zde dva zaměstnanci L_S a L_V. Stroj je typu produkce a doba trvání činnosti je nastavena na normální rozdělení UNIFORM (1,4,4).

Machine	Type	Input/From	Duration	Output/To
Stroj	Typ	Vstupní pravidlo	Cycle Time	Výstupní pravidlo
M_priprava	Production	IF NParts (stock_obj) = 1 PULL from stock_obj ELSE WAIT ENDIF	Uniform (1,4,4)	PUSH to M_cook
			Labor Rule	
			L_S and L_V	

Tabulka č. 13: Nastavení stroj M_priprava

(Zdroj: Vlastní zpracování)

Doba poruchy představuje čas, kdy zaměstnanci si musejí odskočit, je nastaven pomocí Poissonova rozdělení: POISSON (120,20) a „Labor Rule“ v breakdowns tohoto stroje jsou: L_S OR L_V OR L_T (jeden z nich nastoupí na místo toho dotyčného, když odchází na WC). Čas potřebný k opravě (náhrada) je nastaven pomocí normálního rozdělení: UNIFORM (10,20,21).

○ Vaříč (M_cook)

Nejdůležitější stroj v simulaci, kde se vaří a dokončují objednávky. Tento stroj je typu „Assembly“ – mnoho vstupů, ale jen jeden výstup (bere různé suroviny a konečný výstup je hotové jídlo, jako jedna součástka). Vstupní pravidlo tohoto stroje je nastaveno tak, že bere z fronty objednávek, pokud je složité jídlo a připravuje současně s přípravou, pak bere z přípravy a dokončuje objednávku. Viz Tabulka č. 14.

Doba, kdy zaměstnanci budou nepřítomní u obsluhy tohoto stroje, je nastavena v breakdowns pomocí negativně exponenciálního rozdělení: NegExp (100,2) – průměrná doba nepřítomnosti je 100 minut. Při nepřítomnosti zde nastupuje vždy jeden ze dvou zaměstnanců, aby obsloužil tento stroj: L_T OR L_L. Průměrná doba nepřítomnost jednoho ze dvou obslužných zaměstnanců je nastavena pomocí normálního rozdělení: UNIFORM (10,20,3).

Machine	Quantity	Type	Input/From
Stroj	Množství	Typ	Vstupní pravidlo
M_cook	3	Assembly	IF NParts (stock_obj) = 1 PULL from stock_obj ELSE PLL from M_priprava ENDIF

Duration	Output/To
Cycle Time	Výstupní pravidlo
Uniform (4,7,1)	PUSH to M_Vydej
Labor Rule	
L_L OR L_T	

Tabulka č. 14: Nastavení stroj M_cook

(Zdroj: Vlastní zpracování)

○ Výdej (M_vydej)

Poslední stroj simulace, zde se kontroluje, zda hotová jídla jsou v souladu s objednávkou od zákazníka, průměrná doba trvání činnosti je zahrnutá včetně doby přepravy objednávky k zákazníkovi. Tu jsem nastavil pomocí normálního rozdělení: UNIFORM (1,4,35), kde minimální dobu trvání je 1 minuta a maximální je 4 minuty. Stroj je typu „Batch“ – kolik součástek vstupuje, tolik také vystupuje. Obsluha tohoto stroje má na starosti zaměstnanec „Inspect“, na konci je také nastaveno počítadlo, kde se počítá počet hotových výrobků, které vystupují ze simulace.

Machine	Type	Input/From	Duration	Output/To
Name	Typ	From	Cycle Time	To
M_vydej	Batch	PULL from M_cook	Uniform (1,4,35)	PUSH to SHIP
			Labor Rule	
			Inspect	
			Action on Finish	
			$Vydej_Obj = Vydej_Obj + 1$	

Tabulka č. 15: Nastavení stroj M_vydej

(Zdroj: Vlastní zpracování)

- **Buffer (zásobník)**

Element prezentuje v simulaci místo, kde lze skladovat součásti. Typickým příkladem jsou lidé ve frontě nebo polotovary čekající na dokončení. Použil jsem v simulaci zásobník jako zákaznickou frontu, zásobník objednávek.

- fronta – zákaznická fronta, ve frontě se aplikuje pravidlo FIFO a kapacita fronta je nastavena na 10 jednotek.
- stock_obj – fronta objednávek, zde se také uplatňuje pravidlo FIFO a kapacita fronty je nastavena na 15 jednotek.

Vše bylo nastaveno a simulováno do programu Witness, viz Příloha č. 6: Program Witness s navrhovaným modelem a výsledek simulace.

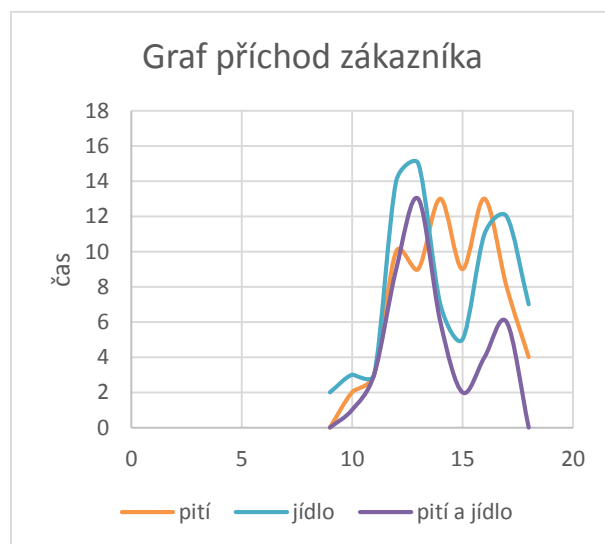
5 HODNOCENÍ VÝSTUPU SIMULACE

Po sledování v restauraci zjistil jsem počet objednávek během jednoho dne činnosti. Viz Tabulka č. 16: Příchod zákazníka a je také znázorněna na Grafu č. 1: Souhrn.

Zde jsem vypočítal součet objednávek každé části zvlášť a současně celkový počet, kolik restaurace během toho dne měla objednávek. Při simulaci jsem nastavil činnost jen na jeden, což je 1440 hodin. Zjistil jsem, že můj simulační program vychází takto: (viz Příloha č. 6: Program Witness s navrhovaným model a výsledek simulace.)

- Počet výstupů pití v simulaci je 71 jednotek a podle sledování v tabulce č. 16 rozdíl mezi simulací a reálně sledování je 0%
- Počet výstupů objednávek (jídlo, jídlo a pití) je 136 jednotek, ve srovnání s reálným sledováním 123, rozdíl je 10.569 %
- Sečteno - oba výstupy máme 207 jednotek při simulaci oproti 194 jednotek v reálně, což je 6,7%

Sledování příchod zákazníka	Čas	Pití	Jídlo	Pití a jídlo
	9	0	2	0
	10	2	3	1
	11	3	3	3
	12	10	14	9
	13	9	15	13
	14	13	7	6
	15	9	5	2
	16	13	11	4
	17	8	12	6
	18	4	7	0
Σ		71	123	
Σ		194		
Průměr		7,1	7,9	4,4



Graf č. 1: Souhrn

Tabulka č. 16: Sledování příchod zákazníka

(Zdroj: Vlastní zpracování)

Absolutní shodu dat reálného systému a vytvořené simulace nelze nikdy očekávat. V mém případě se jedná o odchylku + 10% na výstupu objednávek oproti reálu, zdá se to hodně, ale na druhou stranu, když počítám celkový rozdíl mezi simulací a reálným systémem je + 6,7%, což je mnohem méně. Model je tedy prohlášen za validní.

Hlavním cílem mé práce bylo navrhnout simulační model v programu WITNESS 12, který odpovídá skutečnému systému, což se mi podařilo. Následující část práce je sledování zatíženosti pracovníka v systému a následně navrhnout optimalizované řešení pro daný problém. Zatíženost pracovníka v systému pomocí simulace jsem nastavil sledování pomocí koláčového grafu (viz. Příloha č. 8: Vytíženost pracovníka původní navrhovaný model.).

Podle obrázku jsem zjistil, že zaměstnanci L_S a L_V jsou nejméně zatíženi a následně L_Obs. Na druhé straně L_Obs – obsluha v přední část systému – zde obsluhuje, tři zaměstnanci a střídají po šestihodinových směnách a restaurační směna je desetihodinová. V simulaci nelze zahrnout skutečnost, že jejich směny se prolínají, což lze považovat za průměrné. Ostatní zaměstnanci jsou zhruba zatíženi na 70%.

Dle simulace jsem navrhoval optimalizaci situace následně:

- Místo tři zaměstnanců v přední části zde budou jen dva.
- Zaměstnance L_V jsem odebral ze simulace (podle mě je tam navíc a nepřináší nic na konečný výsledek počtu jednotek).

Po odebrání zaměstnance L_V ze simulace jsem musel trochu pozměnit nastavení „Labor Rule“ na stroj, kde tento zaměstnanec pracoval. Stroj M_priprava, kde zaměstnanec L_V pracoval na „Labor Rule“, bude nové nastavení: L_S OR L_T, také budu muset změnit „Labor Rule“ v nastavení breakdowns, což je: L_S OR L_T.

Poslední nastavení se týká stroje M_cook v nastavení „Labor Rule“ na breakdowns, což je: L_L.

Výsledná simulace po optimalizaci (viz. Příloha č. 7: Výsledek navrhovaného modelu po optimalizaci.) jsem obdržel tyto hodnoty:

- Počet výstupu pití je 70 jednotek oproti původní simulaci 71 jednotek, což je – 1,408%.
- Počet výstupu objednávek je 138 jednotek oproti původní simulaci 136 jednotek, nárůst o 1,47%.
- Celkový počet výstupní jednotek po optimalizaci činí 208 oproti 207 z původní simulace, což je nárůst nepatrně o 0,48%

Nárůst 0,48% oproti původní simulaci je podle mých názorů jen nepatrná hodnota. Na druhou stranu jsme snížili náklady na dva zaměstnance. To je podle mě velice dobrá zpráva. Přitom zatíženost zaměstnance po optimalizaci podle Příloha č. 9: Zatížení po optimalizaci, vidíme, že nejsou, příliš zatížení.

Samozřejmě nelze předpokládat příchod zákazníka do restaurace jako takového, protože zde záleží na mnoha jiných kritériích, například: změnám ročního období (v létě se lépe nabízí konzumace nápojů než v zimě), změna v okolí (město se rozhodlo, že opraví stav budov a silnic po dlouhé zimě, což vede k nárůstu zákazníků, zejména stavebníku). Nelze zapomenout na záporná kritéria, například: chování zaměstnanců na obsluhu nebo kvalita připravovaného jídla, pokud zákazníci nejsou spokojeni s úrovní poskytovaných služeb, pak budou restauraci méně navštěvovat, a tím se sníží celkový počet objednávek.

Podle filozofie Kaizen, první krok, který by měl podnik podniknout, je provést postupnou změnu v managementu. Je dobré zavést systém zlepšovacích návrhů, protože zaměstnanci toho ví více o činnosti, kterou dělají dennodenně oproti manažerům. Následně provést kontrolu a dodržet kroky, jak jsem již popsal v teorii v metodě 5S a 3 MU. Samozřejmě není na škodu, když podnik zavede nějakou inovaci za účelem zlepšení produktivity (i když se jedná o maličkost jako kávovar nebo dražší nový vařič či ledničku). Současně s aplikováním metodologie Kaizen je také dobré poslat své zaměstnance na školení, tím získají nové dovednosti, zkušenosti i chuť k práci, tím také zvýší celkovou produktivitu a následně zisk podniku.

6 ZÁVĚR

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo navrhnout simulační program, který odpovídá skutečnému výrobnímu procesu, a následně zjistit, jak jsou zaměstnanci v systému zatíženi. Pomocí výsledku simulace pak přednést optimalizační návrh na zlepšení výkonnosti daného simulačního systému. Myslím si, že stanovené cíle byly v bakalářské práci splněny.

Tvorba výrobního procesu podniku v software Witness proběhla za použití základních součástí v tomto systému. Podařilo se mi vytvořit model podle získávané informace a provést jeho validaci. Po sérii simulačních běhů na sestaveném modelu byl model prohlášen za validní a bylo možno provést analýzu zatíženosti pracovníků v daném systému.

Dle výsledku simulovaného modelu bylo zjištěno, že zaměstnanci v dané situaci nebyli zatíženi na 100%, následně jsem navrhoval optimalizaci modelu, výsledkem je stejný počet výstupních jednotek, ale náklady v modelu poklesly o dva zaměstnance. Jak uvedl Masaaki Imai ve své knize: Je jednodušší a efektivnější snížit 10% nákladů než snaha zvýšit zisk o 10%.

Tento návrh modelu vychází ze skutečně získaných údajů, avšak odpovídá jen části celého podniku, není zde zahrnuto skladování a byl taky zjednodušen vstup do systému. Rád bych uvedl, že na tomto projektu budu nadále pracovat a tato zjednodušení postupně odstraňovat.

Během mé práce jsem zjistil skutečnosti o filozofii Kaizen jako metodologii, tak jako o nástroji potřebného k procesu zlepšování malých podniku, tak i velkých firem. Také jsem zjistil, že Witness se osvědčil jako velmi dobrý prostředek ke kontrole, sledování a k podpoře rozhodování ve výrobním systému, stejně jako u mnoha jiných simulačních programů. Chci se nadále věnovat práci v tomto směru a dozvědět se nové informace o firmách, kteří aplikují filozofii Kaizen a používají simulační programy na podporu svého rozhodovacího procesu.

V závěru této bakalářské práce se domnívám, že bylo dosaženo stanovených cílů. Byl vytvořen model výrobního procesu podniku v software Witness. Na vytvořeném modelu byly provedeny experimenty za účelem zjistit zatíženost pracovníku a možnou optimalizaci modelu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ:

Literatura:

- [1] IMAI, Masaaki. *Kaizen: metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. Brno: Computer Press, c2007. Business books (Computer Press). ISBN 978-80-251-1621-0.
- [2] IMAI, Masaaki. *Gemba Kaizen: řízení a zlepšování kvality na pracovišti*. Brno: Computer Press, 2005. ISBN 80-251-0850-3.
- [3] KOŠTURIÁK, Ján. *Kaizen: osvědčená praxe českých a slovenských podniků*. Překlad Kateřina Janošková. Brno: Computer Press, 2010. Business books (Computer Press). ISBN 978-80-251-2349-2.
- [4] KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 2006. ISBN 80-868-5138-9.
- [5] SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.
- [6] MAURER, Robert. *Cesta kaizen: z malého kroku k velkému skoku*. Praha: BETA, c2005. ISBN 80-730-6178-3.
- [7] BAUER, Miroslav. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. Brno: BizBooks, 2012. ISBN 978-80-265-0029-2.
- [8] DLOUHÝ, M., J. FÁBRY, M. KUNCOVÁ a T. HLADÍK. *Simulace podnikových procesů*. Brno: Computer Press, c2007. ISBN 978-80-251-1649-4.
- [9] FIALA, Josef a Jan MINISTR. *Průvodce analýzou a modelováním procesů*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2003. ISBN 80-248-0500-6.
- [10] RAID AL-AOMAR, Onur Ulgen. *Process simulation using WITNESS: including lean and Six-sigma applications*. Oxford: Wiley-Blackwell, 2010. ISBN 978-047-0371-695.
- [11] TÖPFER, Armin. *Six Sigma: koncepce a příklady pro řízení bez chyb*. Brno: Computer Press, 2008. ISBN 978-80-251-1766-8.

[12] KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3., dopl. vyd. V Praze: C. H. Beck, 2012. ISBN 978-80-7179-319-9.

[13] ŘEPA, Václav. *Podnikové procesy: procesní řízení a modelování*. 2., aktualizované a rozšířené vydání. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-2252-8.

[14] PELÁNEK, Radek. *Modelování a simulace komplexních systémů: jak lépe porozumět světu*. Brno: Masarykova univerzita, 2011. ISBN 978-80-210-5318-2.

Internetových zdroj:

[15] KAIZEN INSTITUTE. *KAIZEN Slovník: Absolutní kontrola kvality (TQC - Total Quality Control)* [online]. Dostupné z: http://cz.kaizen.com/kaizen-slovník.html?no_cache=1&tx_contagged%5Bsource%5D=default&tx_contagged%5Buid%5D=3187&cHash=95e55411e87964eab21e053406591fb2

[16] FORMÁNEK, Ivo. *TQM a Organizace a řízení výroby: Kaizen*. Nový Jičín, 2009. Dostupné z: <http://novyjicin.tym.cz/TQM%20a%20Organizace%20a%20řízení%20výroby/>

[17] GLOMBÍKOVÁ, Viera. *Simulace procesů konfekční výroby* [online]. 2006. Dostupné z: http://www.kod.tul.cz/ucebni_materialy/PSI/Skripta%20PSI-5.pdf

[18] DYNAMIC FUTURE S.R.O. *WITNESS: Witness 12* [online]. 2012 [cit. 2013-02-16]. Dostupné z: <http://www.dynamicfuture.cz/witness/witness-12/>

[19] DYNAMIC FUTURE S.R.O. *WITNESS: Witness Suite* [online]. 2012 [cit. 2013-02-16]. Dostupné z: <http://www.dynamicfuture.cz/witness/witness-suite/>

[20] LEAN ENTERPRISE INSTITUTE INC. *Lean Lexicon: Muda* [online]. 2003 [cit. 2013-02-18]. Dostupné z: <http://www.lean.org/Common/LexiconTerm.aspx?termid=265>

[21] WONG, Tony. *Tony Wongs Blog: 7 Wastes - Introduction* [online]. 2008 [cit. 2013-02-18]. Dostupné z: <http://wongwowai.wordpress.com/2008/09/15/7-wastes-introduction/>

[22] KAIZEN Analyse & rådgivning: Kaizen AS. KAIZEN AS. *KAIZEN Analyse & rådgivning: Analyse & rådgivning for reiselivet* [online]. 2013 [cit. 2013-02-28]. Dostupné z: <http://kaizen.no/>

[23] Probability distribution. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2011 [cit. 2013-03-18]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Probability_distribution

SEZNAM ZKRATEK:


TWI (Training Within Industries)	Školení v rámci průmyslu
TQC (Total Quality Control)	Totální kontrola kvality
TQM (Total Quality Management)	Absolutní řízení kvality
ZD (Zero Defects)	Nulová poruchovost
JIT (Just in time)	Právě v čas
5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke)	„Utrídit, Uspořádat, Udržovat pořádek, Určit pravidla, Upevňovat a zlepšovat“
3 „MU“ – (MUDA, MURA MURI)	„Plýtvání, Nepravidelnost, Namáhavé práce“
QC (Quality Control Circles)	Kroužky Kvality
PDCA (Plan, Do, Check, Action)	Plánuj, Udělej, Zkontroluj, Uskutečni
SDCA (Standardise, Do, Check, Action)	Standardizuj, Udělej, Zkontroluj, Uskutečni
DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)	Definice, Měření, Analýza, Zlepšení, Řízení
JUSE (Union of Japanese Scientists and Engineers)	Svaz japonských vědců a techniků
CAD (Computer-Aided Design)	Počítačem podporované projektování
XML (Extensible Markup Language)	Rozšiřitelný značkovací jazyk
VR (Virtual Reality)	Virtuální realita

PROHLÁŠENÍ O VYUŽITÍ VÝSLEDKŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Prohlašuji, že

- Jsem byl seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo;
- Beru na vědomé, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo o nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3);
- Souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě archivována v Ústřední knihovně VŠB-TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že bibliografické údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- Bylo sjednáno, že užít své dílo, bakalářskou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 10. května 2013



Podpis studenta

Jméno a Příjmení studenta: Thanh Son Nguyen

Adresa trvalého pobytu studenta: Ostrava

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 2.1: KAIZEN v Japonštině. [22]	6
Obrázek č. 2.2: Střešní pojem Kaizen	9
Obrázek č. 2.3: „Japonské vnímání jednotlivých pracovních pozic“ [1]	10
Obrázek č. 2.4: „Zdokonalení rozdělení mezi inovací a kaizen“ [2]	11
Obrázek č. 2.5: Původní cyklus PDCA a revidovaný podle japonského vylepšení.	13
Obrázek č. 2.6: Cyklus SDCA	15
Obrázek č. 2.7: Interakce cyklů PDCA a SDCA s koncepcí KAIZEN a údržbou.	15
Obrázek č. 2.8: Kroky metody 5S	19
Obrázek č. 2.9: 3 MU podle filozofie KAIZEN. [20]	20
Obrázek č. 2.10: Sedm Typů plýtvání. [21]	21
Obrázek č. 2.11: Srovnání hlavních rysů kaizen a inovace	22
Obrázek č. 2.12: Společný působení inovace a KAIZEN	23
Obrázek č. 2.13: Integrace DMAIC	24
Obrázek č. 2.14: Exponenciální rozdělení [23]	31
Obrázek č. 2.15: Rovnoměrné rozdělení [23]	31
Obrázek č. 2.16: Normální rozdělení [23]	32
Obrázek č. 2.17: Trojúhelníkové rozdělení [23]	32
Obrázek č. 2.18: Geometrické rozdělení [23]	33
Obrázek č. 2.19: Binomické rozdělení [23]	33
Obrázek č. 2.20: Poissonovo rozdělení [23]	34

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: SWOT analýza firma „N“	43
Tabulka č. 2: Směny pro zaměstnance v kuchyni	47
Tabulka č. 3: Směna pro zaměstnance u pokladny	47
Tabulka č. 4: Směna pro zaměstnance u pokladny	47
Tabulka č. 5: Směna pro zaměstnance u pokladny	48
Tabulka č. 6: Sobotní směn pro zaměstnance v kuchyni	48
Tabulka č. 7: Sobotní směn pro zaměstnance u pokladny	49
Tabulka č. 8: Sobotní směny pro zaměstnance u pokladny	49
Tabulka č. 9: Nastavení stroj M_piti	51
Tabulka č. 10: Nastavení Breakdowns u stroj M_piti	52
Tabulka č. 11: Nastavení stroj M_pokladna	53
Tabulka č. 12: Nastavení stroj M_trid_obj	54
Tabulka č. 13: Nastavení stroj M_priprava	55
Tabulka č. 14: Nastavení stroj M_cook	56
Tabulka č. 15: Nastavení stroj M_vydej	57
Tabulka č. 16: Sledování příchod zákazníka	58

SEZNAM GRAFŮ

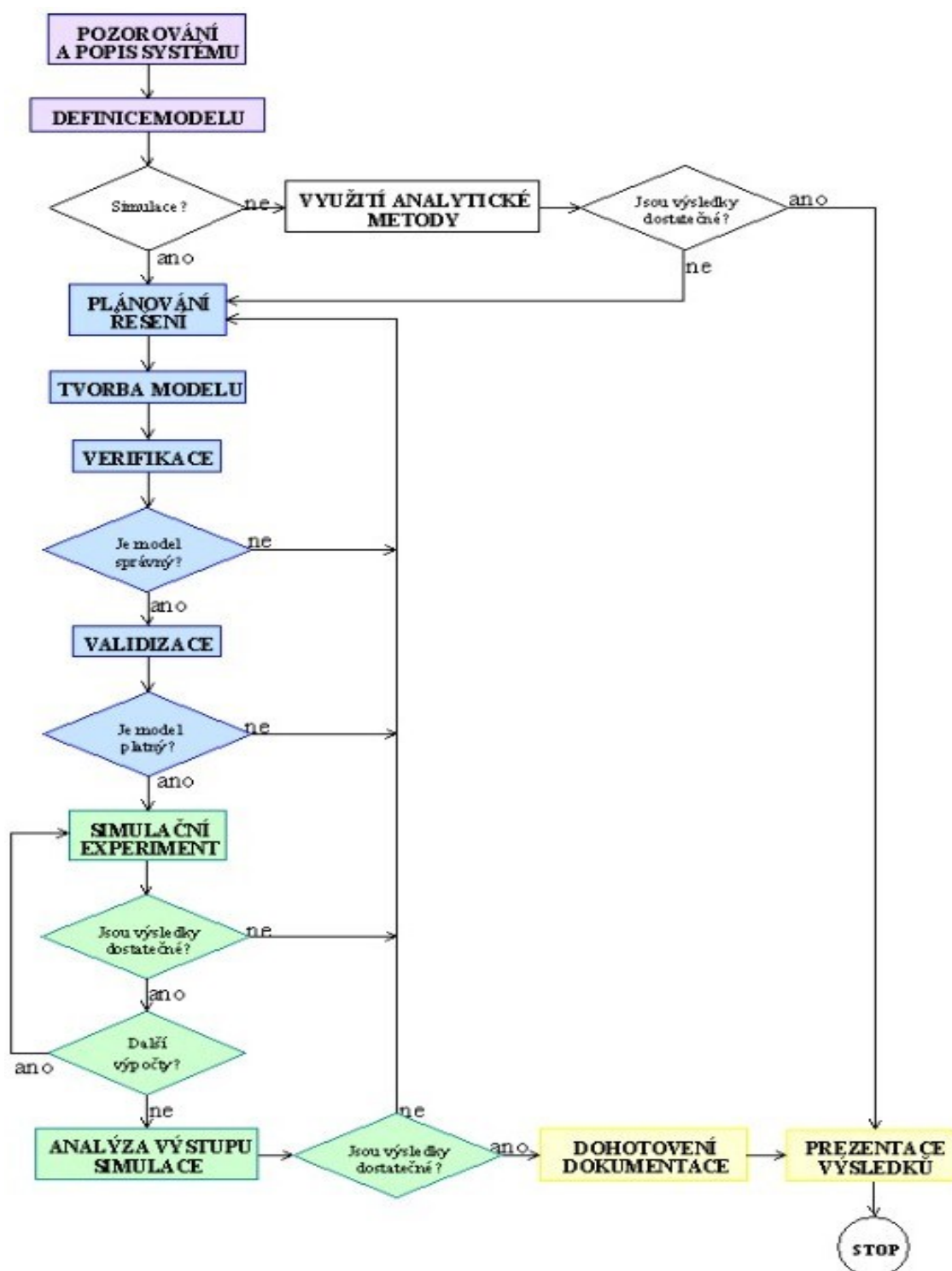
Graf č. 1: Souhrn.....	58
------------------------	----

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Vývojový diagram simulačního projektu	1
Příloha č. 2: Ceník doplňkových produktů k WITNESS	2
Příloha č. 3: Ceník školní verze WITNESS-u.....	3
Příloha č. 4: Návrh modelu podniku	4
Příloha č. 5: Konceptuální model	5
Příloha č. 6: Program Witness s navrhovaným model a výsledek simulace	6
Příloha č. 7: Výsledek navrhovaného modelu po optimalizaci	7
Příloha č. 8: Vytíženost pracovníka původní navrhovaný model	8
Příloha č. 9: Zatížení po optimalizaci	8



Příloha č. 1: Vývojový diagram simulačního projektu

(zdroj: Glombíková, 2006, s. 17)




Příloha č. 2: Ceník doplňkových produktů k WITNESS

(zdroj: www.dynamicfuture.cz)

<div>  <div> DYNAMIC FUTURE s.r.o. <small>Společnost byla zapsána dne 11. ledna 2001 do obchodního rejstříku vedeného Krajským soudem v Ostravě, oddíl C, vložka 23574</small> </div> </div>		
<div> <div> Ceník produktů firmy Lanner Group Platný od 1. 6. 2010 </div> <div> LANNER </div> </div>		
STANDARDNÍ SYSTÉMY		
	Cena	Údržba
WITNESS – základní systémy		
WITNESS MPE – Manufacturing Performance Edition *	559.980 Kč	93.980 Kč
WITNESS SAPE – Service and Process Performance Edition *	559.980 Kč	93.980 Kč
<i>Součástí všech základních systémů WITNESS jsou moduly Scenario Manager a Presentation Manager</i>		
WITNESS – plug-in moduly		
Modul Optimizer	170.000 Kč	29.000 Kč
Modul Virtuální Realita	280.000 Kč	47.000 Kč
WITNESS – zvýhodněné balíky		
WITNESS MPE + Optimizer + VR	698.980 Kč	167.980 Kč
WITNESS SAPE + Optimizer + VR	698.980 Kč	167.980 Kč
WITNESS – síťové instalace **		
Příplatek za síťovou instalaci u systémů MPE a SAPE (1 instalační místo)	140.000 Kč	24.000 Kč
2. až 5. uživatelský klíč v rámci jedné instalace stojí 30% ceny prvního základního systému + modulů		
<i>Příklad síťového systému:</i>		
WITNESS MPE + Optimizer, síťová verze pro 2 uživatele	1.125.980 Kč	187.980 Kč
WITNESS Model Viewer		
WITNESS Model Viewer – 1 individuální instalace	140.000 Kč	23.980 Kč
WITNESS Model Viewer – síťová verze pro 5 uživatelů	280.000 Kč	46.980 Kč
ŠKOLENÍ PRO UŽIVATELE		
Standardní kurz WITNESS – 5 dní (pro jednu osobu) ***	25.000 Kč	
<p><i>Uvedené ceny produktů zahrnují údržbu systému na 12 měsíců.</i></p> <p><i>Údržba systému zahrnuje přístup k nejnovějším verzím software a rozšířenou uživatelskou podporu.</i></p> <p><i>Všechny programy jsou k dispozici pro platformy Microsoft Windows.</i></p>		
<p>* V rámci systému WITNESS je vždy dodávána podpora spojených elementů.</p> <p>** Základní cenu a cenu za údržbu u větších síťových instalací Vám sdělíme na požádání.</p> <p>*** V ceně komerčního systému WITNESS je zahrnuto školení pro jednu osobu.</p>		
		Ceny jsou uvedeny bez DPH.

Příloha č. 3: Ceník školní verze WITNESS-u


(zdroj: www.dynamicfuture.cz)



DYNAMIC FUTURE s.r.o.

DYNAMIC FUTURE s.r.o. | Sléviárenská 22/427, 709 00 Ostrava, Mariánské Hory
IČO: 25871871 | DIČ: CZ25871871 | www.dynamicfuture.cz
Společnost byla zapsána dne 11. ledna 2001 do obchodního rejstříku
vedeného Krajským soudem v Ostravě, oddíl C, vložka 23574

Ceník produktů firmy Lanner Group
Platný od 1. 6. 2010



ŠKOLNÍ SYSTÉMY

WITNESS – standardní programové balíky pro školy

Standardní balík WITNESS pro školy – 10 uživatelů, výuková síťová verze	109.980 Kč
Standardní balík WITNESS pro školy – 20 uživatelů, výuková síťová verze	156.980 Kč
Standardní balík WITNESS pro školy – 40 uživatelů, výuková síťová verze	202.980 Kč
Standardní balík WITNESS pro školy – 1 uživatelská verze pro pedagogy	94.980 Kč

Standardní balíky WITNESS pro školy obsahují všechny moduly, které k programu existují:

- Scenario Manager
- Presentation Manager
- Optimizer
- Documentor
- Virtuální Realita

Údržba systémů – roční smlouva o podpoře a udržování software

WITNESS – paušální poplatek za každé instalační místo	13.980 Kč
---	-----------

Instalační místo – „Site“ je systém registrovaný na jednoho koncového uživatele, zpravidla na jedné katedře, bez ohledu na maximální počet zároveň pracujících uživatelů a instalovaných modulů.


Školní systémy WITNESS jsou plně verze programu funkčně totožné se standardními systémy.

Uvedené ceny produktů zahrnují údržbu na 12 měsíců.
Údržba systému zahrnuje přístup k nejnovějším verzím software a rozšířenou uživatelskou podporu.

Všechny programy jsou k dispozici pro platformy Microsoft Windows.

* 1 uživatelská verze pro pedagogy existuje pouze k síťové výukové verzi, nelze koupit samostatně

Ceny jsou uvedeny bez DPH.



Příloha č. 4: Návrh modelu podniku

(Zdroj: Vlastní zpracování)

4

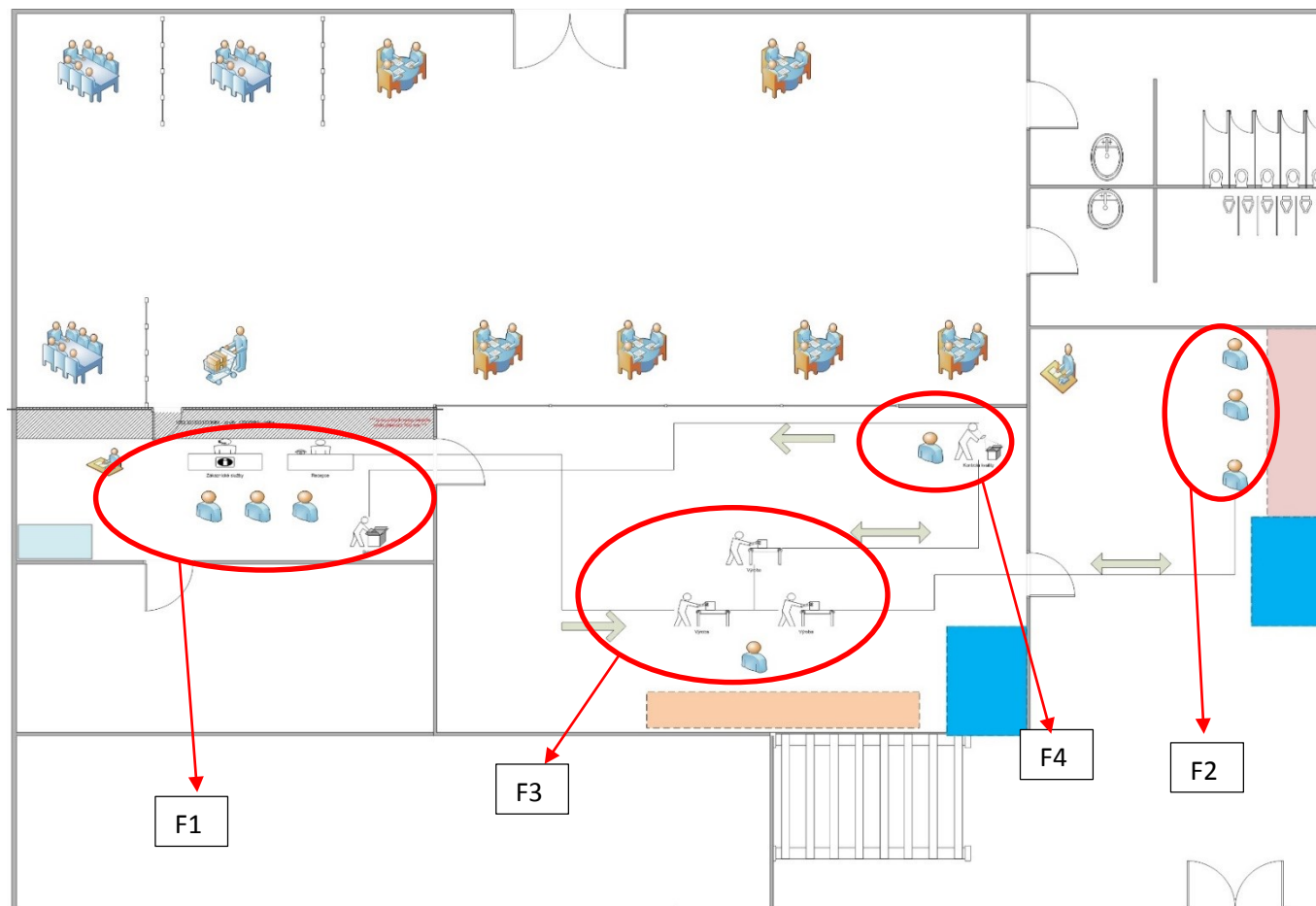
F1 = Příjem a výdej

objednávek

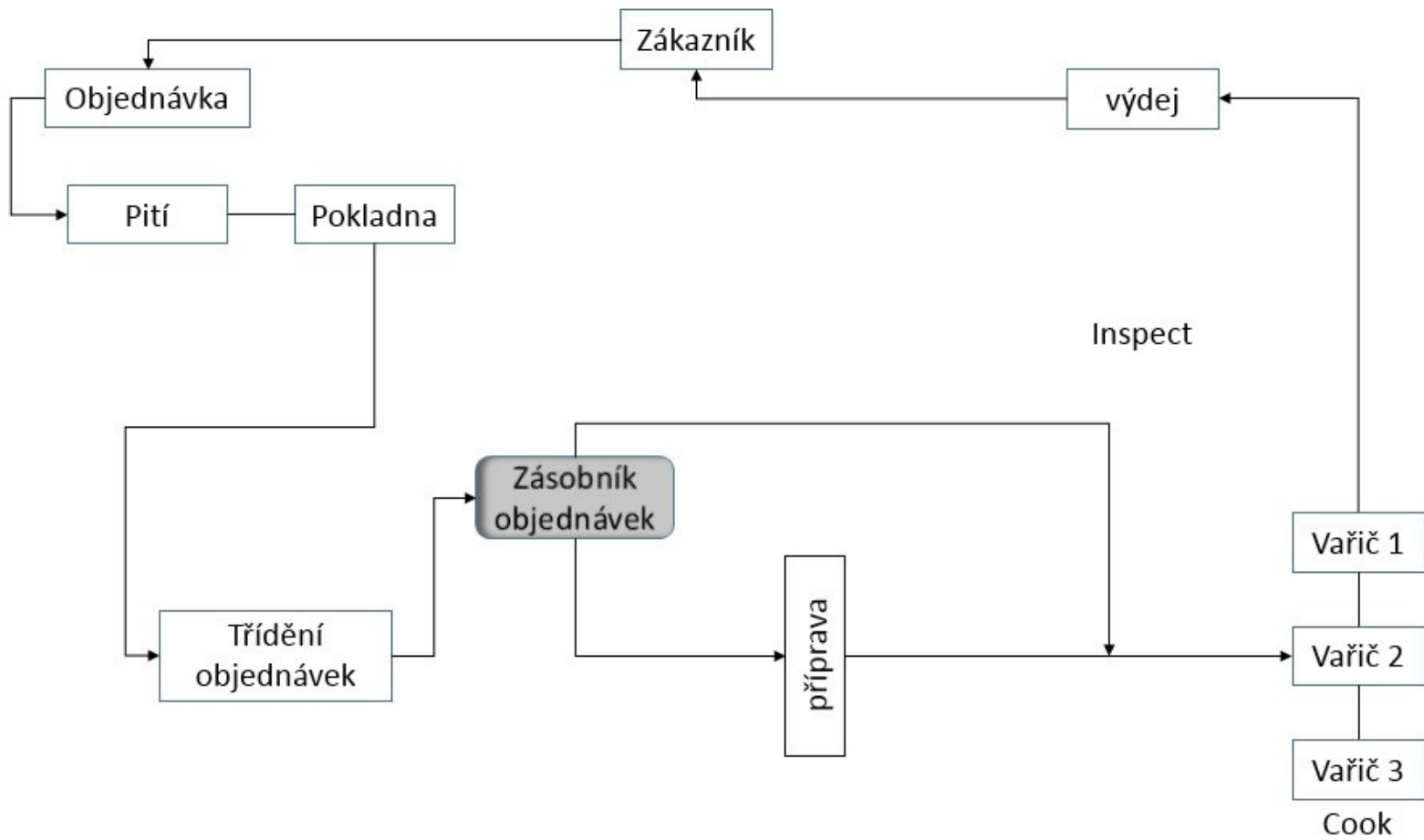
F2 = Před přípravou

F3 = Příprava a dokončení

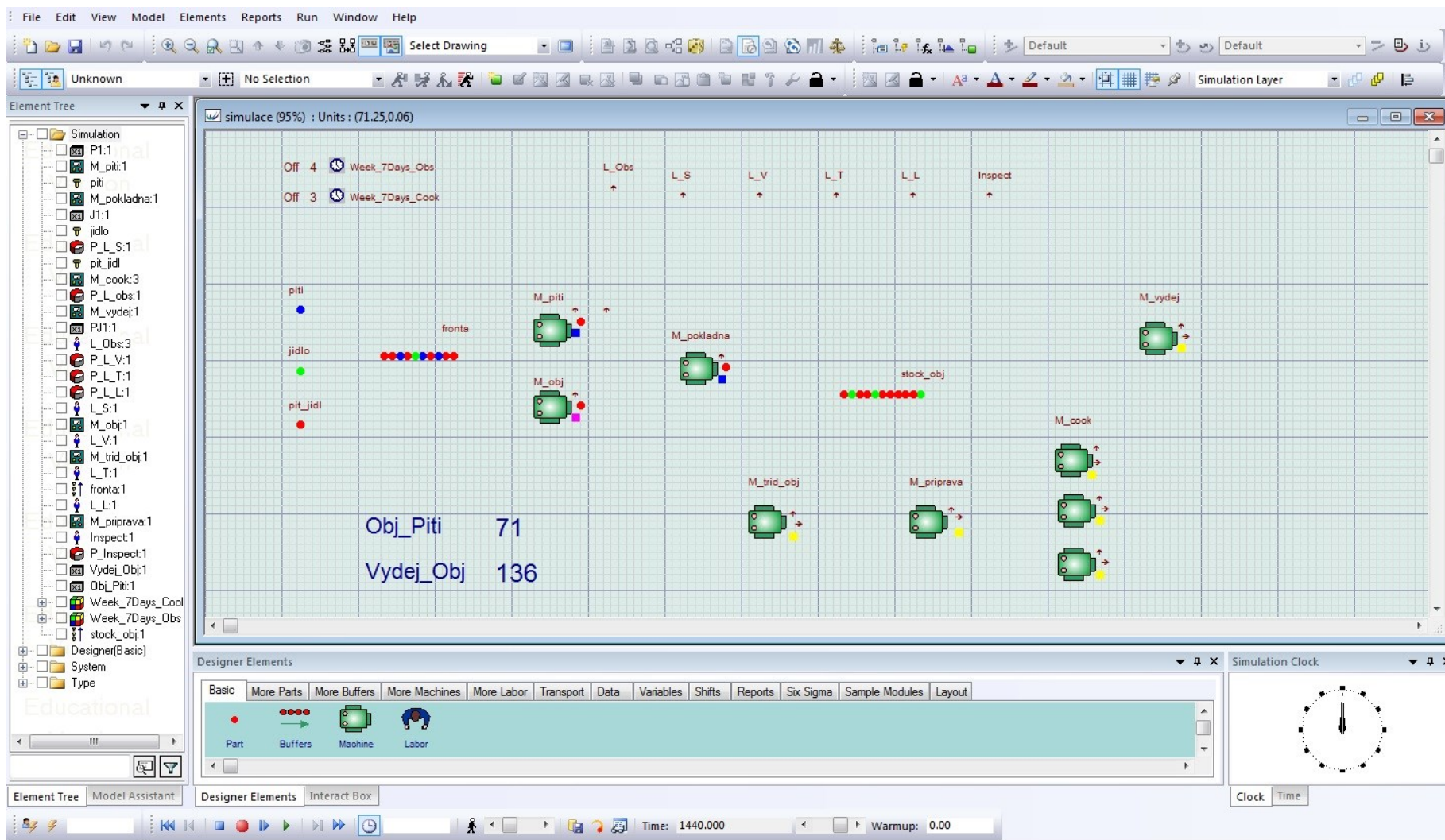
F4 = Poslední kontrola



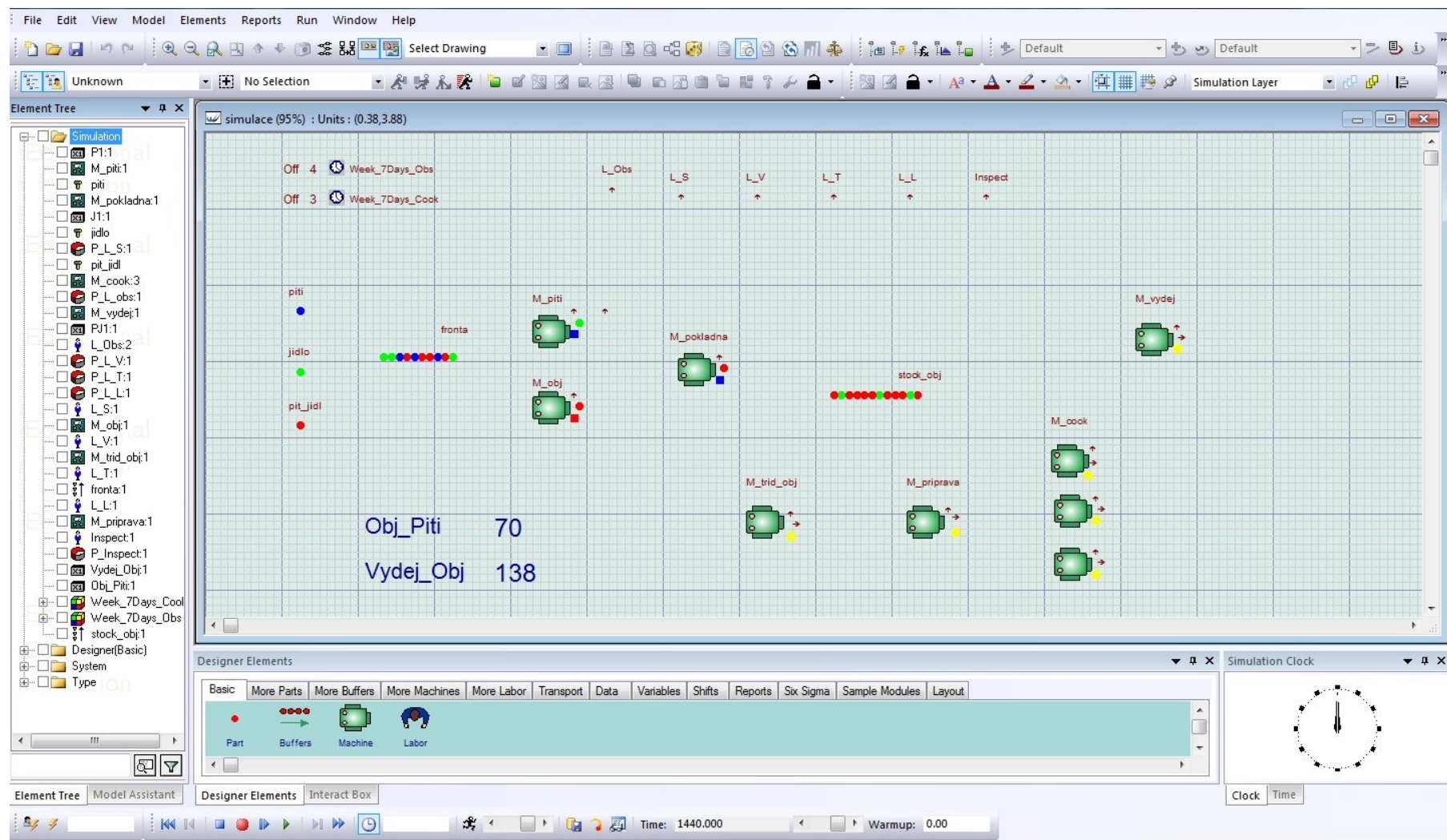
Příloha č. 5: Konceptuální model



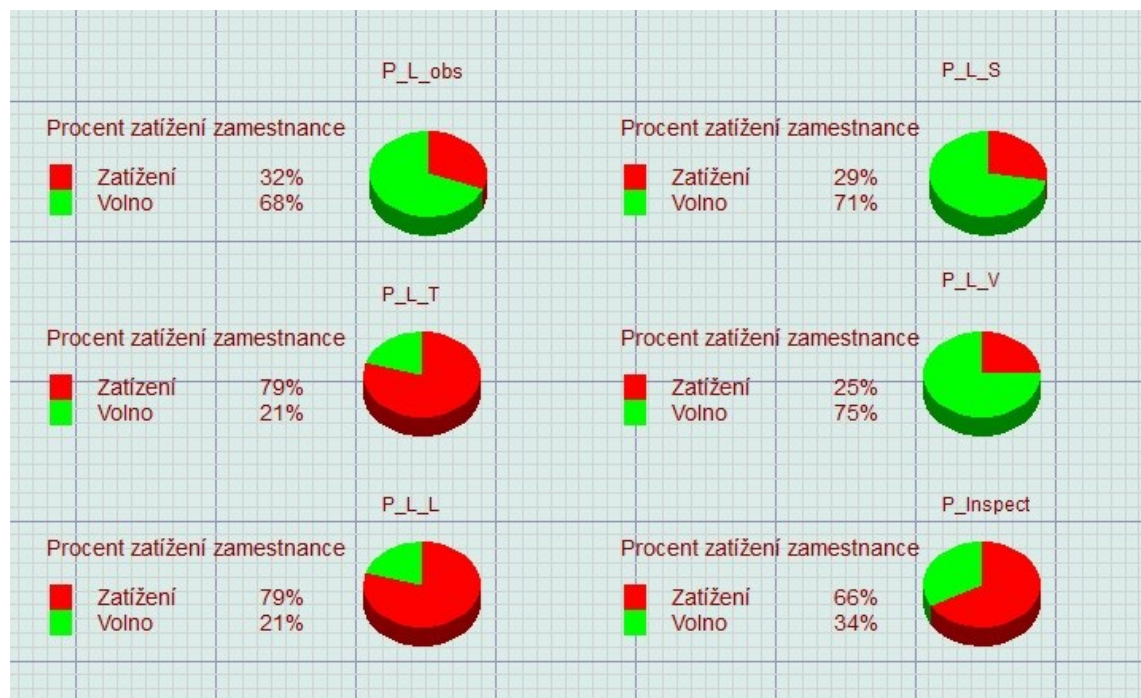
Příloha č. 6: Program Witness s navrhovaným model a výsledek simulace



Příloha č. 7: Výsledek navrhovaného modelu po optimalizaci



Příloha č. 8: Vytíženost pracovníka původní navrhovaný model



Příloha č. 9: Zatížení po optimalizaci

